



LUNDS UNIVERSITET

Institutionen för Livsmedelsteknik

Lipidoxidation i torkad mjölmask

I rostad mjölmask och i mjölmask med tillsatt antioxidant

Mattias Hansson och Jonas Sandberg

Examensarbete för högskoleexamen
i livsmedelsteknik

2019



Tenebrio molitor

Examinator: Ia Rosenlind
Handledare: Ida-Marie Andersson

Abstract

Using insects as an alternative source of proteins instead of cattle could reduce the use of natural resource substantial. 1 kg of insect-protein requires about 1,7 kg of food (FAO 2013). This can be compared to cattle that require about 10 kg of food to produce 1 kg of protein. One of the problems that need to be solved is fat rancidity that is frequent occurring during long storage of insect products

A large amount of the fat in mealworms are polyunsaturated fatty acids, such as linoleic- and linolenic acids. These types of fats are more susceptible to lipid oxidation, which creates rancidity products such as malondialdehyde, by the enzyme group peroxidase than saturated fatty acids. In this study two methods were used, peroxide value-test and TBARS to measure primary and secondary oxidation, respectively.

To measure the lipid oxidation in mealworm, the samples were stored in a heating cabinet during 1-4 weeks at 50 °C and a relative humidity near 50 %. Two different treatments of the mealworm samples, inactivation of enzymes responsible for the breakdown of lipids by dry-roasting, and addition of citric acid as an antioxidant in order to reduce the lipid oxidation in dried and milled mealworms during storage.

The most effective method to prevent or delay primary oxidation was to roast the sample followed by addition of an antioxidant. The dried and roasted sample proved to be the most effective against lipid oxidation when the primary oxidation was lower in the sample compared to the dried-natural sample. Furthermore, the primary lipid oxidation in the dry-roasted with citric acid samples was low but not as low as for the dried with citric acid were higher level of oxidation was measured. Dried-natural sample showed the highest values of lipid oxidation. These findings are of importance to be able to provide quality mealworm food products with a prolonged shelf-life.

Sammanfattning

För livsmedelsproducenter som riktar in sig på att använda insekter som alternativ proteinkälla och som ingrediens finns det kvalitativa problem som behöver lösas. Att använda insekter som alternativ proteinkälla är att spara på naturresurser eftersom 1 kilo insektsprotein kräver cirka 1,7 kilo föda (FAO 2013). Detta kan jämföras med nötkreatur som kräver cirka sex kilo föda för att få fram 1 kilo protein. Ett av dessa problem är fetthärskning som är vanligt förekommande vid lång lagring av insektsprodukter.

Mjölmask är en larv av insekten mjölbagge, vars fett innehåller fleromättade fettsyror som linol- och linolensyra som är känsligt mot lipidoxidation. I fettrika livsmedelsprodukter som mjölmask skapas fränstötande doft och smak från malondialdehyd-partiklar och andra härskningsprodukter som bildats från nedbrytningen av lipider genom oxidation.

Vid lipidoxidation skapas primära och sekundära produkter. Den primära oxidationen går att mäta genom titrering med jod då mängden peroxidas bestäms och den sekundära oxidationen kan bestämmas genom kolorimetri där man mäter mängden malondialdehyd. Mjölmaskproverna förvarades i exsickatorer som placerades i värmeskåp. Exsickatorerna höll en relativ fuktighet på nära 50 % och värmeskåpet höll nära 50 °C för störst chans att uppnå lipidoxidation.

I denna studie användes båda metoderna. Mjölmaskarna delades upp i fem provserier och torkning utfördes på samtliga provserier. Första provserien bestod av obehandlad, men torkad, mjölmask (TN). Provserie nummer två av adderad fiskolja (TF), den tredje provserien av adderad antioxidant (TC) och den fjärde provserien av rostad mjölmask (TR). Provserie nummer fem bestod av torkad, rostad mjölmask med adderad antioxidant (TRC).

Det torkade och rostade provet visade sig mest effektiv mot lipidoxidation då primäroxidationen reducerades i jämförelse med det torkade naturella provet. Ej mätbar eller låg lipidoxidation uppmättes för de torkade och rostade proverna med adderad citronsyra, men inte lika positiva för torkad med citronsyra. Det torkade naturella provet visade högst värden av lipidoxidation.

Denna studie har visat att den bästa metoden för att fördröja lipidoxidation är genom rostning.

Förord

Under historiens gång har insekter spelat en viktig roll som föda när jakt eller skörd inte givit förväntad utdelning. När samhällen moderniserades och fattigdom minskade försvann denna typ av kost mer och mer. I världsdelar som Asien, Sydamerika och Afrika består fortfarande en stor del av kosten av insekter (Raheem et al., 2018).

Under utbildningen kom vi i kontakt med flera företag och individer som är aktiva inom livsmedelsindustrin, som producerar, säljer och utvecklar NOVEL-food produkter exempelvis insektsprodukter. Något som det pratas om i dessa kretsar är bland annat framtidens globala problem gällande livsmedelsproduktion på grund av ökad befolkningens mängd. År 2050 räknar man med att jordens befolkning har ökat från dagens 7,6 miljarder till 9,8 miljarder (UN 2019). Enligt FAO upptar boskapsproduktionen så mycket som 70 procent av allt jordbruksland och 30 procent av jordens landyta (Nation 2006).

Med den allt mer ökande befolkningens mängden kommer det ställas krav på en globalt ökad livsmedelsproduktion, speciellt på livsmedel som ger lägre klimatavtryck. Att arbeta med detta kände vi direkt ett starkt intresse för. Vi började bearbeta frågeställningen om vilka problem som livsmedelsindustrin står inför gällande produktion av insektsprodukter. Vi fann snabbt ett stort problem: feta insektsprodukter innehåller en stor mängd fleromättade fettsyror som lätt oxiderar under lagring.

Tack till

Arbetet har utförts i Lunds Tekniska Högskolas lokaler på Kemi Centrum under veckorna 13 till 23.

Stina Burri: Tack för att du tog dig tid för att hjälpa oss med TBARS, framförallt med uträkningar.

Ida-Marie: Tack för din insikt, hjälp och idéer med examensarbetet. Speciellt hur vi kunde gå till väga med mätning av lipidoxidation och upplägg för genomförande av arbetet.

Charlott Håkansson: Tack för din hjälp och tid att hitta rätt handledare och under starten för examensarbetet.

Förkortningar

PV – Peroxid Värde

TBARS – Thiobarbituric Acid Reactive Substances

Kolorimetrisk – Spektrofotometrisk analysmetod, bestämning av koncentration färgämne i lösning

TMP – 1, 1, 3, 3, Tetramethoxypropane

MDA - Malondialdehyd

TBA – Thiobarbituric reagent

TBC – Thiobarbituricacid

TN - Mjölmaskprov som endast torkats

TF - Mjölmaskprov som torkats och blandats med fiskolja

TC - Mjölmaskprov som torkats och marinerats i citronsyra

TR - Mjölmaskprov som torkats och rostats

TRC – Mjölmaskprov som torkats, rostats och marinerats i citronsyra

a_w - Vattenaktivitet

Novel Foods – Nya livsmedel som i EU inte ätits i någon större utsträckning före 15/5–1997. Dessa livsmedel måste riskvärderas och godkännas av EU-kommissionen innan de får börja säljas inom EU

Innehållsförteckning

Innehåll

Abstract	2
Sammanfattning	3
Förord	4
Tack till	4
Förkortningar	5
Innehållsförteckning	6
1. Inledning	1
2. Syfte	4
3. Material och metod	5
3.1 Fettmängdsbestämning	5
3.1.1 Material	5
3.1.2 Metod	5
3.2 Vattenhaltsbestämning	6
3.2.1 Material	6
3.2.2 Metod	6
3.3 Mätning av vattenaktivitet	6
3.3.1 Material	6
3.3.2 Metod	6
3.4 Mätning av partikelstorlek	6
3.4.1 Material	6
3.4.2 Metod	6
3.5 Proteinmätning	7
3.5.1 Material	7
3.5.2 Metod	7
3.6 Lagring	7
3.6.1 Material	7
3.6.2 Beredning av saltlösning	7
3.7 Torkning	7
3.7.1 Material	7
3.7.2 Metod	7
3.8 TBARS	9
3.8.1 Material	9

3.8.2 Metod.....	9
3.8.2.1 Framtagning av 2-Thiobarbituric acid -reagens.....	9
3.8.2.2 Framtagning av standardkurva.....	9
3.8.3 Provtagning av insekter.....	11
3.9 Peroxidas Värde-test	12
3.9.1 Material.....	12
3.9.2 Metod.....	12
3.9.2.1 Stärkelselösning	12
3.9.2.2 Natriumtiosulfatlösning (0.01M)	12
3.9.2.3 Kaliumjodidlösning.....	12
3.9.2.4 Genomförande.....	12
3.9.3 Statistik	13
4. Resultat.....	14
4.1 Karakterisering av mjölmaskpulver.....	14
4.1.1 Fettmängdsbestämning	14
4.1.2 Vattenhaltsbestämning	14
4.1.3 Mätning av vattenaktivitet	14
4.1.4 Mätning av partikelstorlek.....	14
4.1.5 Proteinmätning.....	14
4.2 Primär oxidation	14
4.3 Sekundär oxidation	16
5. Diskussion	17
6. Slutsats	19
7. Referenser.....	20
8. Bilagor.....	22

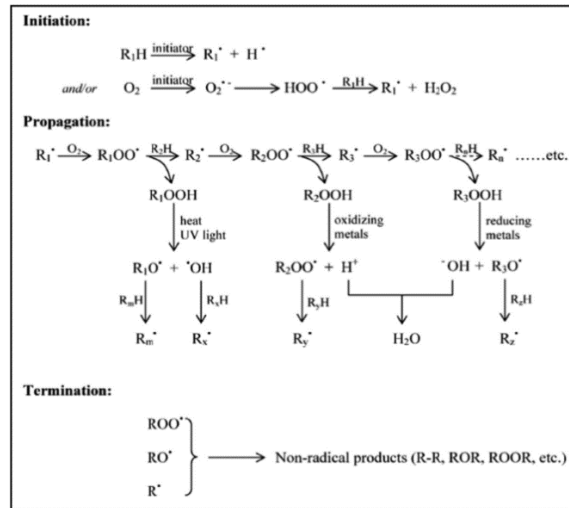
1. Inledning

I framtiden står vi inför många livsmedelsrelaterade problem där ett av problemen består av ökad befolkningsmängd. År 2050 räknas det med att jordens befolkning har ökat från dagens 7,6 miljarder till 9,8 miljarder (UN 2019). Detta kommer att resultera i ett ökat tryck på en redan pressad livsmedelsproduktion och av användningen av jordens resurser. Ett problem som kommer behövas lösas är att hitta nya och alternativa proteinkällor med lägre klimatavtryck. Enligt (Pimentel 2003) krävs det cirka sex kilo växtbaserat protein för att få fram cirka ett kilo högkvalitativt animalieprotein. En alternativ proteinkälla är insekter där 1 kilo insektsprotein kräver cirka 1,7 kilo föda (FAO 2013). Ett proteinskifte till insektsprotein innebär några kvalitativa utmaningar såsom lipidoxidation som är avgörande för hållbarhet och smak.

Insekter som mjölmask, syrsa och gräshoppa med fler innehåller en stor andel fleromättade fettsyror som linol- och linolensyra (Dossey 2013). Mjölmaskens totala fettmängd uppgår till cirka 38 % i torkad form. Efter samtal under bland annat ett seminarium med Karin Wendin, professor, PhD och vice-dekan från Kristianstad Universitet och Nils Österström, ägare av Tebrito AB, där insekter i livsmedel var i fokus konstaterades vikten av att hitta lösningar på lipidoxidation i produkter med insekter. Problemet är stort på grund av det höga innehållet av fleromättade fettsyror, som är känsligare för oxidering än mättade fettsyror (Velasco & Dobarganes, 2002). Ett maxvärde av lipidoxidation som anges i omega-3 kapslar ligger på fem mEq/kg omega-3, vilket är enheten som primär lipidoxidation anges i. Maxgränsen för sekundär lipidoxidation varierar beroende på typ av extraktionsmetod (Jackowski et al., 2015). Lipidoxidation är en serie av reaktioner som kan delas upp stegvis som börjar med en primär lipidoxidation och fortsätter med sekundär lipidoxidation. I dessa lipidoxidationssteg produceras en serie av nedbrytningsprodukter som är mätbara (C. Coudray et al., 1995).

I denna studie undersöks primär och sekundär oxidation av mjölmask samt metoder för att undersöka möjligheter att fördröja primär och sekundär oxidation. En tidigare studie visar att tillsättning av antioxidanter eller rostning av insekter kan fördröja, eller eventuellt förhindra, primär och sekundär oxidation (Glodde et al., 2018). Antioxidanter kan också skydda produkten från oxidation, genom att oxidera först. Citronsyra är ett exempel på sådan antioxidant, då citronsyra är ett ämne som är känsligt för oxidation. Rostning av livsmedlet kan förhindra oxidation på grund av att en enzymgrupp, peroxidaser, inaktiveras. Peroxidaseraktiviteten sjunker kraftigt efter 60 °C (Saeidian & Ghasemifar 2013). Fiskolja tillsattes till en provserie för att försöka öka lipidoxidationen. Oxidation är en komplicerad och ibland svårtydd reaktion, men

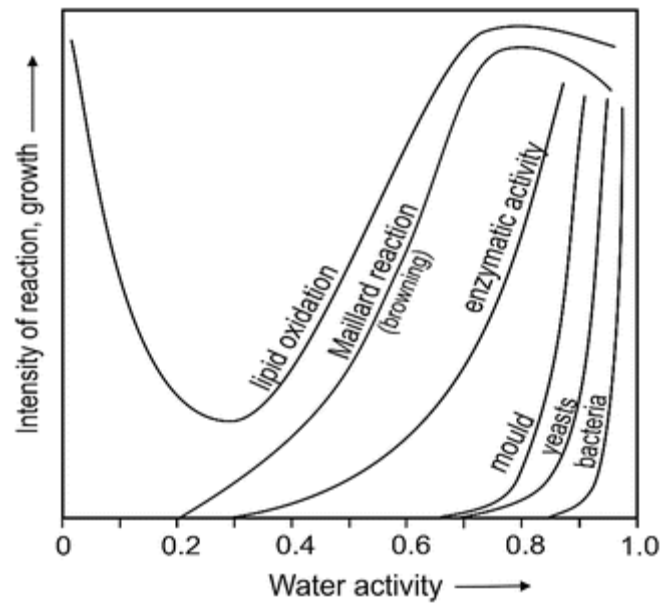
som är viktig att förstå för livsmedelsbranschen och även läkemedelsindustrin. Ett förenklat schema över oxidation visas i Figur 1.



Figur 1. Simplifierat schema över mekanismen för lipidoxidation (Shahidi et al., 2010). Lipidoxidation sker genom tre stadier start, ökning och avslut. Vid initieringsstadiet finns avskiljningen av väteradikaler H^\cdot som ger fria lipidradikaler R^\cdot . Under propageringsstadiet finns en kombination av syre och fria lipidradikaler som bildar peroxyradikaler RO_2^\cdot som sedan fortsätter att producera lipidhydroperoxider RO_2H och en radikal R^\cdot . Dessa reaktioner leder slutligen till termineringsstadiet där icke radikala produkter skapas.

Lipoxygenaser är en familj av enzymer som katalyserar oxidationen av fleromättade fettsyror, fettsyror som innehåller två eller fler dubbelbindningar som linol- och linolensyra. Vid denna typ av lipidoxidation skapas produkter som kallas hydroperoxider, en produkt som kan användas för att mäta graden peroxidation i ett livsmedels lipider.

Ett sätt att mäta effekten på olika förbehandlingar och hur de påverkar lipidoxidation är att göra kontrollerade lagringsförsök. Som kan ses i figur 2, så är lipidoxidationen som lägst vid en vattenaktivitet (a_w) kring 0,3. Vid a_w under 0,3 och högre än 0,4 är lipidoxidationen förhöjd. En annan parameter som spelar roll för lipidoxidationen är lagringstemperaturen där en högre temperatur påskyndar lipidoxidationen (Glodde., et al 2018).



Figur 2. Kurvor som visar vid vilken vattenaktivitet som intensiteten av reaktioner och tillväxt av mögel, jäst och bakterier sker.

I en tidigare studie av (Jeon., et al 2015) torkades mjölmaskar på hög temperatur under kort tid för att inte påbörja lipidoxidation i för hög grad.

Lipid peroxidation kan beskrivas som en process där lipoxygenaser (lipidoxiderande enzymgrupp) attackerar främst lipider uppbyggda av dubbelbindningar bland vilka finns fleromättade fettsyror som linol- och linolensyra. Lipidperoxidation kan även beskrivas som en process där fria radikaler ”knuffar undan” elektroner från lipider i cellmembran. Den nu fria elektronen, eller radikalen, har förmågan att ”knuffa undan” en elektron från en annan lipid, och en kedjereaktion av fria radikaler kan på det här sättet starta, som i fallet med lipidoxidation leder till härskningsprodukter. Ett sätt att mäta primär lipidoxidation är att använda sig av peroxidvärde-testet som ger svar om hur mycket peroxider som har bildats vid lagring. Fettet extraheras ur livsmedlet och löses upp i en blandning av ättiksyra och lösningsmedlet kloroform. Kaliumjodid tillsätts, peroxiderna oxiderar jodiden I⁻, till jod I₂. Mängden jod som bildas är proportionerlig mot mängden peroxider. Genom att titrera med natriumtiosulfat bestäms mängden jod. Peroxidvärdet anges som mängd (milliekvivalenter) syre per kilo fett (Furugren 2017). Metoderna för att mäta lipidoxidation valdes för att kunna mäta primär samt sekundär oxidation i mjölmask. För mätning av primär lipidoxidation valdes jodtitrering (Yang & Boyle 2016).

För mätning av sekundär lipidoxidation valdes Thiobarbituric Acid Reactive Substances, även kallad TBARS. Metoden för TBARS användes för mätning av sekundär lipidoxidation i mjölmaskpulver (Landau et al., 2013). När omättade fettsyror i celler oxiderar i närvaro av en fri radikal, produceras lipidperoxider. När dessa instabila lipidperoxider sönderdelas bildas en produkt som kallas malondialdehyd (MDA). Mängden MDA kan kvantifieras kolorimetriskt genom tillsättning av TBA-reagens och då skapa en kontrollerad reaktion där TBA-reagensen binder till MDA-molekylerna. Mätningen av dessa TBA-reaktiva substanserna MDA ger upphov till namnet TBARS.

I den här studien karaktäriserades mjölmaskpulver och jämfördes med befintlig litteratur. Primär- och sekundär lipidoxidering mättes på mjölmaskpulver som rostats, adderats med antioxidant och rostats med adderad antioxidant under en lagringsperiod på 4 veckor (50 °C, 48 % RH). För att hinna få lipidoxidation på cirka fyra veckor krävdes det att på något sätt påskynda oxidationen. Detta gjordes genom att förvara proverna i exsickatorer med en relativ luftfuktighet på cirka 50 % som också placerades i värmeskåp som höll cirka 50 °C. Inför lagring av proverna förbereddes en saltlösning som skulle användas i exsickatorerna för att kontrollera luftfuktigheten som syns i bilaga se bilaga (bild 4). En luftfuktighet på cirka 50 % krävdes för att få en enzymaktivitet men inte så hög luftfuktighet att oönskad tillväxt av mögel, jäst och bakterier uppstår i Figur 2.

2. Syfte

I denna studie undersöks primär och sekundär oxidation av mjölmask samt metoder för att undersöka möjligheter att fördröja primär och sekundär oxidation.

3. Material och metod

3.1 Fettmängdsbestämning

3.1.1 Material

Mjölmaskpulver, Värmeskåp (TS 8056 Termaks, Norway, Bergen), Petroleumeter (40–60), aceton, sand (syretvättad och siktad), blekt och avfettat bomull, glaspärlor, glasstav, hylstång, skedar, Extraktionsenhet (SOXTEC 2055, Foss, Danmark, Hilleroed), Våg (404 MSCS Precisa Made in Schweiz, Dietikon).

3.1.2 Metod

Mängden fett i mjölmasken bestämdes för att ta reda på om det fanns tillräckligt att extrahera ut med lösningsmedel för att kunna genomföra mätningar på primär- och sekundärlipidoxidation (TBARS-test och PV-test).

Mjölmaskpulver och syretvättad sand blandades homogent i pappershylsor. Proverna vägdes och torkades i 103 °C under 60 minuter se bilaga (tabell 6). Glaskulor i aluminiumskålar torkades i 103 °C under 60 minuter se bilaga (tabell 7). 80 ml petroleumeter tillsattes i aluminiumskålar innehållande glaskulor, pappershylsorna placerades i aluminiumskålarna. Fettextraktion påbörjades. När extraktionen var slutförd torkades pappershylsorna på 103 °C i två timmar. För bestämning av fettmängd vägdes aluminiumskålarna med glaskulor och fett se bilaga (tabell 8). Aluminiumskålarna vägdes sedan för att räkna ut fettmängden se bilaga (tabell 9). För uträkning av fettmängden, se Formel 1 och 2.

*Fettvikt = Aluminiumskålarnas vikt med glaskulor innan extraktion (gram) Formel 1.
subtraherat med Aluminiumskålarnas vikt med glaskulor efter extraktion (gram)*

$$\frac{\text{Fettvikt (gram)}}{\text{Provvikt (gram)}} * 100 = \text{Fettprocent}$$

Formel 2.

3.2 Vattenhaltsbestämning

3.2.1 Material

Mjölmaskpulver torkat naturellt, aluminiumskålar, analysvåg (AE163, Mettler Toledo, United Kingdom, Leicester), torkskåp (TS 8056 Termaks, Norway, Bergen).

3.2.2 Metod

Två gram mjölmaskpulver vägdes upp och torkades i 103 °C under 24 timmar se bilaga (tabell 12). Proverna vägdes se bilaga (tabell 13). Vattenmängden räknades ut med hjälp av formel 3.

$$\frac{\text{Provvikt efter torkning (gram)}}{\text{Provvikt före torkning (gram)}} * 100 = \text{Vattenhalt i \%} \quad \text{Formel 3.}$$

3.3 Mätning av vattenaktivitet

3.3.1 Material

Aqua LAB Water Activity Meter (AQUALAB series 3, Meter Food, Deutschland, München), mjölmaskpulver TN, sked

3.3.2 Metod

Blanktest utfördes med vatten. Vattenaktivitet i torkat naturellt mjölmaskprov mättes i triplikat se bilaga (tabell 14).

3.4 Mätning av partikelstorlek

3.4.1 Material

Mjölmaskpulver, Milli-Q-vatten, Partikelmätare (Mastersizer 2000, Malvern panalytical, United Kingdom, Malvern), Sked

3.4.2 Metod

Partikelstorleksmätning gjordes för att ta reda på hur stora partiklar pulvret bestod av vilket kan ha en effekt på valet av lösningsmedel som behövs för att extrahera ut tillräcklig mängd fett för de olika mätmetoderna för primär och sekundär lipidoxidation.

Mastersizer-kuvetten fylldes med MilliQ-vatten och ställdes in på rotationshastigheten 1995 varv per minut. 0,3 gram mjölmaskpulver tillsattes med en sked och avläsningen startades och avlästes under 12 sekunder.

3.5 Proteinmätning

3.5.1 Material

Mjölmaskpulver, tennfolie (Tin-disc), Analysvåg (AE163, Mettler Toledo, United Kingdom, Leicester), Asparaginsyra, pincett, Tin-disc-packare, mortel, mortelstöt, Proteinanalysator FlashEA 1112Series.

3.5.2 Metod

Torkat naturellt mjölmaskpulver mortlades, vägdes och förpackades i tennfolie. Asparaginsyra användes för att verifiera att metoden fungerar och att rätt värden avläses. Konversionsfaktor 6,25 användes. Proteinmängden räknades ut genom att multiplicera kvävehalten i prov med konversionsfaktorn se bilaga (tabell 14).

3.6 Lagring

3.6.1 Material

Petriplattor, Natrium Bromide (NaBr CAS:7647-15-6, Merck, Germany, Kandel), vatten, E-kolv, matsked, mätglas, analysvåg (AE163, Mettler Toledo, United Kingdom, Leicester), 4 exsickatorer, Temperatur och RH-logg (TV-4050 Tinytag, United Kingdom, West Sussex) Värmeskåp (TS 8056 Termaks, Norway, Bergen), Fiskleverolja (Eskimo Pure, Omega-3-fettsyror: EPA 350mg/1g, DHA 100mg/1g).

3.6.2 Beredning av saltlösning

Först gjordes en mättad saltlösning bestående av 368 ml vatten och 1,05 kg Natrium Bromid för att uppnå en kontrollerad relativ luftfuktighet på 50 % (Motarjemi 1988). Denna lösning blandades noga och fick stå i 24 timmar för att uppnå jämvikt. Den mättade saltlösningen fördelades jämnt i fyra exsickatorer. Exsickatorerna fylldes med proverna fördelat på vecka för avläsning. I exsickatorerna placerades loggar som mätte temperatur och relativ luftfuktighet.

3.7 Torkning

3.7.1 Material

Mjölmask (*Tenebrio molitor*) 991 gram, 4 bleck, Varmluftsgn (HCPC 10, Hackman Metos, Germany), citronsyra 1 gram (Santa Maria E330), Vatten, Vakuumpåsar, Multivac (C 200, Sepp Haggenmüller GmbH & Co, Germany, Wolfertschwenden), Våg (AE163, Mettler Toledo, United Kingdom, Leicester), Blender (8011, Waring, USA, Connecticut)

3.7.2 Metod

991 gram mjölmaskar kontrollvägdes se bilaga (bild 1). Ett gram citronsyra blandades ut med 200 gram vatten för att göra en citronsyralösning med koncentrationen 0,5 % (Sampels et al., 2010). Mjölmask marinerades i citronsyralösning och vakuum under 30 minuter se bilaga (bild

2). Mjölmask-proverna torkades i ugn på 110 °C under 90 minuter med fläkt inställd på 50 %. 77 gram torkad mjölmask rostades på 200 °C sju minuter. 82 gram citronsyramarinerad och torkad mjölmask rostades i 200 °C i sju minuter. Mjölmaskarna mixades till pulver innan proverna placerades i fem olika vacuumpåsar märkta med typ av provserie.

120 petriskålar markerades med provserienummer samt veckonummer inför lagring se bilaga (bild 3). Sedan vägdes 2,5 – 2,6 gram mjölmaskpulver enligt provserierna och placerades i petriskålarna. Petriskålarna placerades sedan utan lock i exsickatorerna där petriskålarna fördelades i exsickatorerna som var märkta med ett nummer för vilken vecka som lagringsprov skulle utföras se bilaga (bild 4). Temperatur och RH-loggar placerades i exsickatorerna som förvaras i tre samt fyra veckor. Exsickatorerna placerades i värmeskåp som var inställt på 50 °C. Mjölmask-proverna fördelades enligt Tabell 1.

Tabell 1. Mjölmask-prover. naturell, adderad fiskolja enligt (Glodde et al., 2018), adderad citronsyra enligt (Sabine Sampels, 2010), rostad och rostad med adderad citronsyra.

Mjölmaskprover

<i>TN</i>	Torkad + Naturell
<i>TF</i>	Torkad + Fisk (1,86g fiskolja)
<i>TC</i>	Torkad + Citronsyra (0,12g citronsyra)
<i>TR</i>	Torkad + Rostning
<i>TRC</i>	Torkad + Rostning + Citronsyra (0,12g citronsyra)

3.8 TBARS

Följande metod för att mäta sekundär lipidoxidation är hämtad från (Buege & Aust 1978).

3.8.1 Material

2-thiobarbituric acid (CAS: 504-17-6, Merck, Germany, Kandel), Trichloroacetic acid (CAS: 76-03-9, Merck, Germany, Kandel), Hydrochloric acid 36,46 g/mol (CAS: 76-47-010 Merck, Germany, Kandel), 1,1,3,3 tetramethoxypropane (CAS: 102-52-3, Merck, Germany, Kandel), Destillerat vatten, Analysvåg (AE163, Mettler Toledo, United Kingdom, Leicester), Parafilm (Bemis PM-992), ultraljudsbad (Millipore, United States, Massachusetts), tratt, filterpapper (Munktell Filtrak Grade 1F, 5–6 µm masktäthet, Ahlstrom Munksjö, Finland, Helsinki), E-kolv, mätkolv, bägare, vortex (Vortex Genie 2, USA, New York), vattenbad (Lauda E100, Labx, Canada, Midland), provrör 15 mL, provrör 50 mL, magnetloppa, pipett (Pipetman 1 mL, Gilson, Switzerland, Mettmenstetten), kyvetter 1 mL, centrifug (Allegra X-15R, Beckman Coulter, USA, Brea), spektrofotometer (Varian Cary 50, ALT, USA, Palo Alto).

3.8.2 Metod

3.8.2.1 Framtagning av 2-Thiobarbituric acid -reagens

50 mL avjoniserat vatten blandades med 4,1 mL saltsyra. Därefter tillsattes avjoniserat vatten till en total volym av 250 mL. 30 gram triklorättiksyra (TCA) tillsattes till 100 mL av den förberedda saltsyralösningen. När TCA lösts upp tillsattes 1,5 gram 2-Thiobarbituric acid (TBA). Parafilm användes för att förhindra förångning.

E-kolven innehållande (TBA), TCA, saltsyra (HCl)-blandningen och magnetloppa placerades på en magnetplatta med värmestillsättning inställd på cirka 90 grader och en rotation på 250 varv per minut. Blandningen fick stå på magnetplattan tills TBA-pulvret nästan var helt upplöst. När det mesta av TBA-pulvret var upplöst avlägsnades magnetloppan och e-kolven återförslöts med parafilm för att sedan placeras i ultraljudsbad där de sista pulverkornen av TBA vibrerades sönder. Till e-kolven med den lösta TBA, TCA och HCl-blandningen tillsattes ytterligare HCl-lösning till en total volym på 200 mL.

3.8.2.2 Framtagning av standardkurva

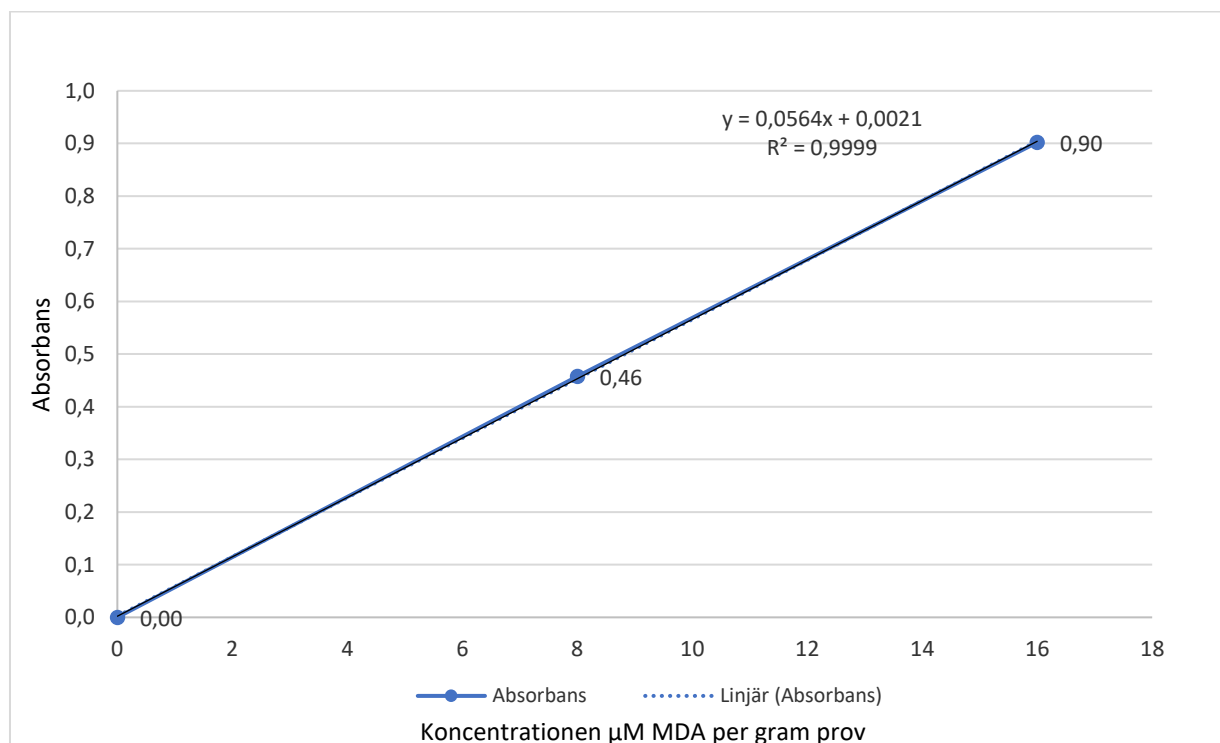
Fyra lösningar blandades för framställning av standardkurva (solution A, B, C & D)

För framställning av solution A mättes 100 mL avjoniserat vatten upp i en mätkolv där 164,5 µL 1, 1, 3, 3 Tetramethoxypropane (TMP) tillsattes med hjälp av en pipett. Blandningen med avjoniserat vatten och TMP rördes om med hjälp av en glasstav tills att TMP inte längre var synligt.

För framställning av solution B pipetterades 1 mL av solution A till en 100 mL mätkolv där 100 mL avjoniserat vatten tillsattes. En spädserie i följande koncentrationer gjordes av solution B för slutprodukten MDA: 0 μ M, 8 μ M, 16 μ M, 24 μ M och 32 μ M.

För framställning av solution C användes fem mätkolvar som rymde 100 mL märktes med de valda koncentrationerna av MDA. För att nå en total volym på 50 mL å provrör tillsattes 50 mL avjoniserat vatten i provröret märkt med 0 μ M, 46 mL märkt med 8 μ M, 42 mL märkt med 16 μ M, 38 mL märkt med 24 μ M och 34 mL märkt med 32 μ M. Mätkolvorna fylldes till 50 mL med solution B för att nå önskad koncentration MDA.

För framställning av solution D gjordes i tripletter där 1 mL av varje koncentration från solution C tillsattes i ett 10 mL provrör. I provröret tillsattes sedan 5 mL TBA-reagent. Provrören vortexades i fem sekunder och placerades i värmelåligt ställ. Stället med provrören placerades sedan i ett 90 gradigt vattenbad i 10 minuter. Provrören kyldes ned i ett isvattenbad tills temperaturen sjunkit till rumstemperatur (21 °C). Provrören placerades med jämnvikt i centrifugen som sedan centrifugerade i 3600g i 20 minuter på fyra grader. Från de centrifugerade provrören gjordes trippelprov där 3 mL av solution D fördelades i tre kuvetter. Kuvetterna lästes sedan av i spektrofotometer inställd från våglängd 534 nm till 600 nm.



Figur 3. Standardkurva för TBARS lagringsprover första veckan.

3.8.3 Provtagning av insekter

15 gram TCA tillsattes i 100 mL avjoniserat vatten. Mätkolven fylldes till 150 mL med avjoniserat vatten. Varje vecka togs 7,5 gram mjölmaskpulver från varje prov som delades upp i tre provrör för triplikat tillsammans med 1,5 mL TCA-lösning och 22,5 mL avjoniserat vatten. Provrören vortexades och placerades i vattenbad på 40 °C i fem minuter. 2 mL etanol tillsattes i varje provrör som vortexades. Proven filtrerades genom filterpapper (5–6 µm masktäthet) se bilaga (bild 5). 15 mL provrör markerades efter provserie. I provrören tillsattes fem mL TBA-reagens och en mL av filtratet. Provrören placerades i vattenbad på 90 °C under 10 minuter. Efter 10 minuter placerades provrören i isvattenbad. Provrören centrifugerades under 10 minuter i 4 °C på 3600 g-krafter. Blankprov av avjoniserat vatten avlästes i spektrofotometer. 1,5 mL från provrören tillsattes i kyvetter och avlästes i spektrofotometer. Beräkning av TBARS gjordes med absorbansen av provet vid 534 nm, subtraherat med absorbansen vid 600 nm se (formel 4). Abs₅₃₄ visar mängden lipid oxidationsprodukter vid 534 nm och abs₆₀₀ visar mätning av blanktest som är vatten, vid 600 nm. M visar skärningspunkten i standardkurvan och k visar lutningen i standardkurvan. X motsvarar vikt av prov i gram.

$$TBARS = \frac{abs_{534} - abs_{600} - m}{k * x} \quad \text{Formel 4.}$$

3.9 Peroxidas Värde-test

Följande metod för att mäta primär lipidoxidation är hämtad från (Okpala et al., 2016) och är därefter anpassad för mjölmask. Metoden utfördes med torkat mjölmaskpulver istället för extraherat fett, vilket resulterade i att provet behövde filtreras. Peroxid värde-test anger milliekvivalenter av fritt syre som finns i ett kilo fett. Genom att titrera med kaliumjodid frigörs jodid vars mängd mäts genom att tillsätta natriumtiosulfat 0,01M.

3.9.1 Material

Ättiksyra, kloroform, kaliumjodid, natriumtiosulfat, potatisstärkelse, Milli-Q-vatten, filterpapper (Munktell Filtrak Grade 1F, Ahlstrom Munksjö, Finland, Helsinki), tratt, burette, pipett, e-kolv, glasbägare, magnetloppa, Olivolja (Zeta)

3.9.2 Metod

3.9.2.1 Stärkelselösning

0,5 gram potatisstärkelse löstes i 5 mL MilliQ-vatten. 250 mL MilliQ-vatten och magnetloppa tillsattes. Lösningen kokades upp på magnetplatta, 200 °C och 250 varv per minut. Lösningen kylades i isbad.

3.9.2.2 Natriumtiosulfatlösning (0.01M)

50 mL natriumtiosulfat (0.1M) blandades med 100 mL MilliQ-vatten. 1 mL natriumtiosulfatlösning späddes med 100 mL MilliQ-vatten för att nå en koncentration på 0.01M Natriumtiosulfat. 25 mL av den utspädda lösningen mättes upp i en 25 mL byrett.

3.9.2.3 Kaliumjodidlösning

12,6 gram kaliumjodid blandades med 9 mL miliQ-vatten. Blandningen löstes på magnetplatta inställd på 25 °C och 250 varv per med magnetloppa.

3.9.2.4 Genomförande

4,8 mL kloroform och 7,2 mL ättiksyra blandades. Två gram mjölmaskprov tillsattes i lösningsmedlet. Blandningen filtrerades genom filter (5–6 µm masktäthet). 0,2 mL kaliumjodidlösning adderades droppvis under kraftig omrörning i filtratet. Denna blandning fick sedan stå mörkt i fem minuter. 12 mL MilliQ-vatten tillsattes och under omrörning tillsattes 2 mL stärkelselösning. Natriumtiosulfatlösning adderades droppvis under kraftig omrörning tills färglöst tillstånd uppnåts. Volymen natriumtiosulfat som behövdes för att uppnå färglöst tillstånd av prov mättes och användes senare för beräkning enligt Formel 5.

$$PV = \frac{(\text{Mängden Natriumsulfat i ml} - \text{mängden natriumsulfat i blanktest i ml}) * 0,01M * 1000}{\text{Provets vikt i gram}} \quad \text{Formel 5}$$

Peroxidvärdet uttrycks som milliekvivalenter aktivt syre per kilo torkad mjölmask (mEq/kg). Vid utförande av PV-testet satt en i dragskåp och utförde pipettering och mätning av natriumtiosulfat medan den andra förberedde lösningar och vägde upp nya prover. Detta arbete delades upp för att den som tillsatte natriumtiosulfat var också den som avgjorde när den färgade stärkelselösningen vid tillsättning av natriumtiosulfat klarnade. Den som tillsatte natriumtiosulfat hade därmed ingen vetskap om vilket prov som mättes och kunde därmed inte påverka provresultatet. Metoden verifierades genom att utföra mätningen på utgången (december 2017) olivolja, som visade hög oxidationsgrad.

3.9.3 Statistik

I rapporten har standardavvikelse använts för att visa hur mycket de olika värdena avviker från medelvärdet av provresultaten och t-test för att undersöka om det fanns signifikanta skillnader ($P < 0.05$) mellan proverna. $P < 0.05$ visar att det finns en skillnad mellan proverna med 95 % sannolikhet.

4. Resultat

4.1 Karakterisering av mjölmaskpulver

4.1.1 Fettmängdsbestämning

Tabell 2 visar att proverna utgjorde en fetthalt på cirka 38 %. För mätvärde se bilaga (tabell 10).

Tabell 2. Fettmängd i medelvärde för naturligt torkat prov. \pm standardavvikelsen.

Prov	Medelvärde i % och standardavvikelse
Torkat naturligt	38 \pm 0,01

4.1.2 Vattenhaltsbestämning

Totala mängden vatten i mjölmaskproverna framgår i bilaga (se tabell 11) som visar att proverna utgjorde en vattenhalt på cirka 5 % \pm 0,4.

4.1.3 Mätning av vattenaktivitet

a_w -mätning av mjölmaskprover visade stor variation, som framgår i Tabell 3.

Tabell 3. Mätningar av vattenaktivitet i mjölmaskpulver. Tabellen visar mätningar vid tre tillfällen och ett medelvärde angivet i %. (TN) Torkat naturligt, (TR) Torkat och rostat, (TF) Torkat med fiskolja, (TRC) Torkat och rostat med citronsyra, (TC) Torkat med citronsyra.

Prov	Medel	Standardavvikelse
TN	0,33	\pm 0,17
TR	0,24	\pm 0,09
TF	0,32	\pm 0,02
TRC	0,11	\pm 0,02
TC	0,31	\pm 0,04

4.1.4 Mätning av partikelstorlek

Partikelstorleksmätningen visade ett storleksspann på 510 μ m till 1330 μ m där medelvärdet var D[4:3] 580 μ m se bilaga (bild 7).

4.1.5 Proteinmätning

För proteinmätning användes torkat naturligt-prov, resultatet visas i Tabell 4.

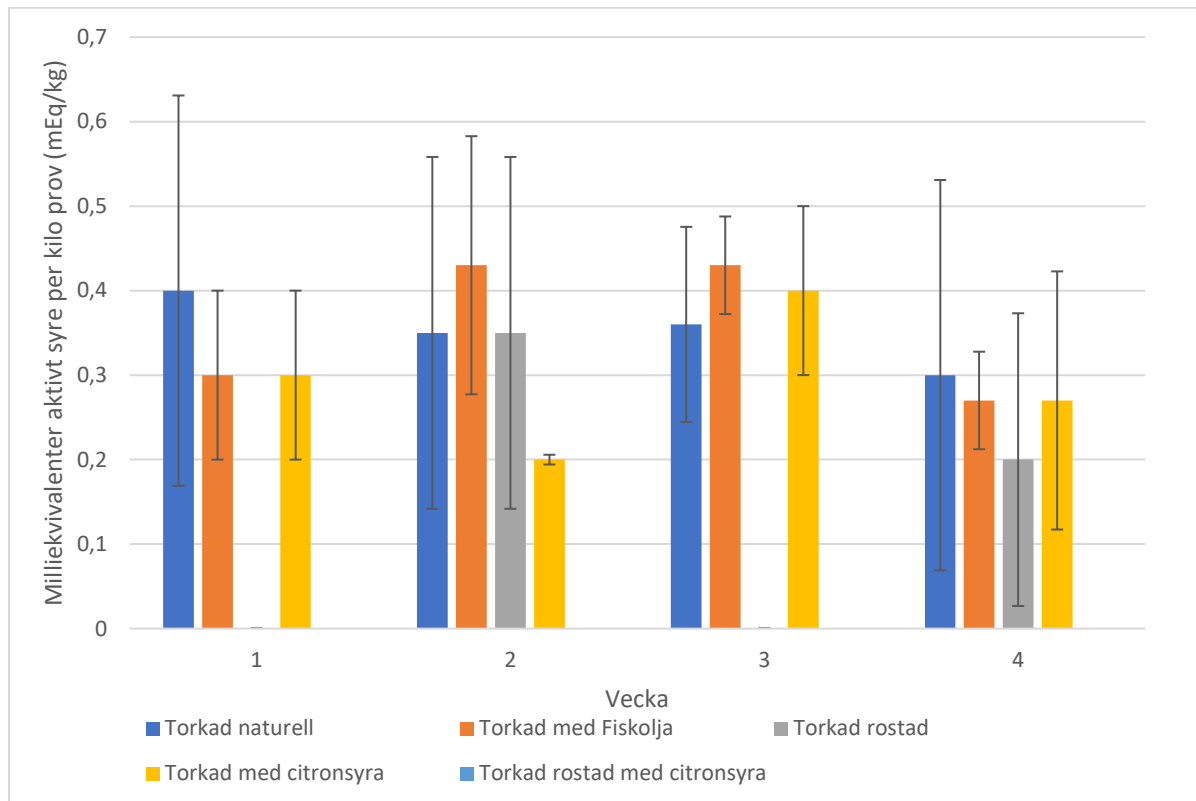
Tabell 4.. Tabellen visar medelvärdet av proteinmängden i torkat naturligt mjölmaskprov med en standardavvikelse på 0,6.

Prov	Medelvärde av proteinmängd i %
Mjölmask	47,9 \pm 0,6

4.2 Primär oxidation

Den primära lipidoxidationen av de olika mjölmaskproverna mättes under en lagringsperiod på fyra veckor vid en relativ luftfuktighet på 50 % vid 50 °C. Som kan ses i figur 4 visar torkat naturligt mjölmaskprov en avmattning i primäroxidationen från första veckan till den fjärde veckan. TF visar en fördröjd oxidation som även den mattas av den fjärde veckan. TR visar en fördröjd oxidation där den första mätbara oxidationen uppstod vecka två och visade ett lägre värde den fjärde veckan. TC visade på en svag oxidation första och andra veckan för att vara

som mest oxiderat den tredje veckan för att börja mattas av den fjärde veckan. Primäroxidationen för TRC-proverna var helt utebliven eller ej mätbar under fyra veckor.



Figur 4. Resultat för PV-test uttryckt i milliekvivalenter aktivt syre per kilo torkad mjölmask (mEq/kg). Diagrammet visar en helt utebliven/ej mätbar primäroxidation av TRC-proven samtliga veckor. Felstaplarna visar hur mycket värdena kan skilja sig från medelvärdet av provresultaten.

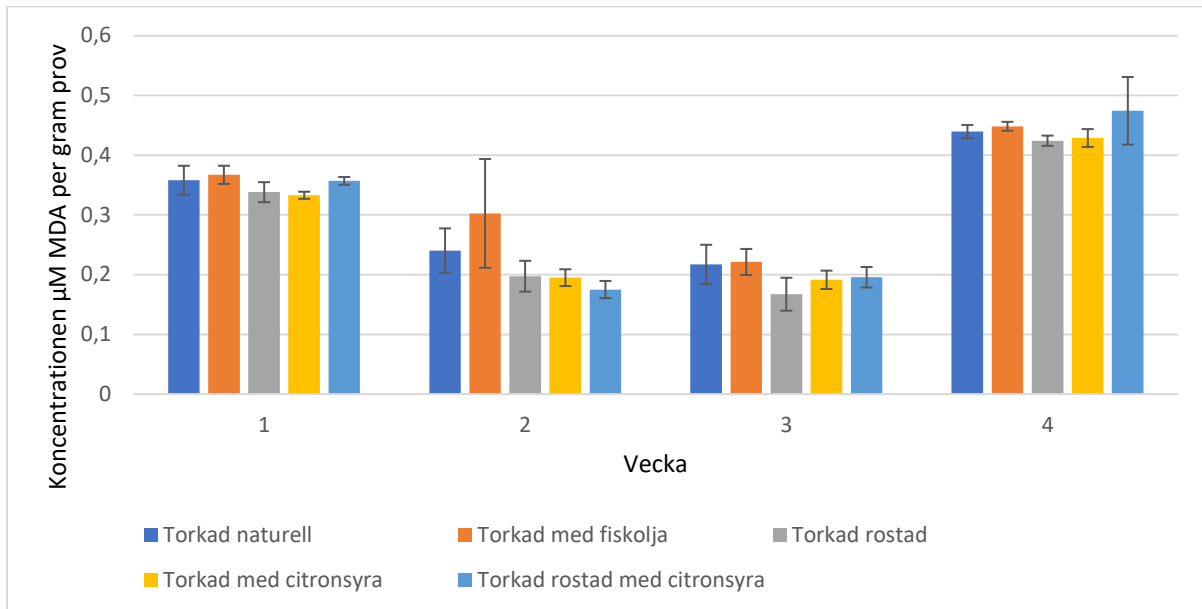
Ett tvådelat typ 3 t.test visade att prov torkat och rostad (TR) vecka 3 visade signifikant skillnad som syns i tabell 5. Inget av de resterande proverna visade signifikant skillnad. Signifikansnivå 0,05 användes.

Tabell 5. T.test för torkat naturellt (TN), torkat fiskolja (TF), torkat rostad (TR), torkad citronsyra (TC) samt torkad rostad citronsyra (TRC). T.test gjordes med en signifikansnivå på 0,05.

Vecka	1	2	3	4
TN	-	-	-	-
TF	0,34	0,26	0,44	0,67
TR	0,42	0,26	0,03	0,67
TC	0,34	0,79	0,73	0,70
TRC	0,42	0,19	0,03	0,13

4.3 Sekundär oxidation

Resultatet visar absorbansen av mängden malondialdehyder (MDA) i prover torkade naturell (TN), torkad med tillsatt fiskolja (TF), torkad med tillsatt citronsyra (TC), torkad samt rostad (TR) samt torkad, rostad och med tillsatt citronsyra (TRC) 5.



Figur 5. Resultat av TBARS-mätningar som visar koncentrationen μM MDA per gram prov. Diagrammet visar att sekundäroxidationen är som störst den fjärde veckan.

Resultatet av TBARS-mätningarna visar en mindre skillnad i sekundäroxidation mellan samtliga provserier under vecka ett. TBARS-mätningarna visade att torkat prov med adderad fiskolja hade högst uppmätta oxidationsprodukter under vecka två. Resterande provserier hade relativt jämn oxidationsnivå men torkat rostad prov med citronsyra hade lägst sekundäroxidation. Under vecka tre hade provet som enbart torkat och rostats lägst uppmätta sekundäroxidation, resterande provserier hade jämn mängd uppmätta oxidationsprodukter. Vecka fyra visade högst sekundäroxidation i samtliga provserier där torkat och rostad prov med adderad citronsyra visade högst sekundär oxidation.

5. Diskussion

I den här studien karakteriserades mjölmaskpulver och jämfördes med befintlig litteratur. Primär och sekundär lipidoxidation mättes på mjölmaskpulver som har behandlats genom rostning, tillsättning av antioxidant och fiskolja under en lagringsperiod på fyra veckor (50 °C och 48 % RH). Fettbestämningen visade att våra prover innehöll ungefär den mängd fett som beskrivs i litteraturen (Dobermann 2017). Detta innebar att det fanns skäl för mätning av lipidoxidation. Mjölmaskprovet som användes var det naturella torkade provet som inte hade tillsats av fiskolja eller citronsyralösning.

Ett maxvärde för primäroxidation av omega 3 tabletter ligger på 1,04–10,38 mEq/kg. För färsk vegetabiliska oljor 0,60–5,33 mEq/kg (Halvorsen & Blomhoff 2011). Detta tyder på att lipidoxidationen av våra pulver troligtvis är låg se bilaga (figur 4 och 5). Test av primäroxidation utfördes på olivolja utgången december 2017, som visade ett peroxid-värde på 9 mEq/kg, ställt mot det torkade naturella prov som gav högst värde från våra provtagningar på 0,75 mEq/kg. Primär oxidation ökar från dag ett, tills den når sin peak. När peaken uppnåtts och värdet på den primära oxidationen sjunker börjar den sekundära oxidationen, och når sin peak. Förhållandet mellan primär och sekundär oxidation kan ses i (Figur 6).

Torkat naturellt mjölmaskprov visade högst primäroxidationsvärde av samtliga provserierna vecka ett och primäroxidationen sjönk något varje vecka se figur 4. Sekundäroxidationsmätningen för torkat naturellt mjölmaskprov visade liknande värde som de andra proverna som sjönk något från vecka ett till tre för att öka kraftigt vecka fyra se figur 5. Torkat prov med adderad fiskolja visade högst primäroxidation vecka två och tre. Provet visade en lägre halt av primäroxidation vecka fyra. Sekundäroxidationen för mjölmaskprovet med adderad fiskolja sjönk från vecka ett till tre men sekundäroxidationen gav högt utslag vecka fyra. I torkat och rostat mjölmaskprov kunde ingen primäroxidation uppmätas under vecka ett och tre men under vecka två och fyra kunde primäroxidation mätas. Sekundäroxidationen för torkat och rostat mjölmaskprov sjönk från vecka ett till vecka tre. Vecka fyra ökade sekundäroxidationen kraftigt. Primäroxidationen för torkat mjölmaskprov med citronsyra hade liknande värde som torkat prov med fiskolja samtliga veckor förutom vecka två. Detta kan bero på att det finns tillsatta antioxidanterna i fiskoljan. Sekundäroxidationen för torkat mjölmaskprov med citronsyra sjönk från vecka ett till tre. Vecka fyra kunde en kraftig ökning av sekundäroxidation uppmätas. Primäroxidationen för torkat och rostat prov med citronsyra gav inga utslag under någon av veckorna. Sekundäroxidationen visade en minskning från vecka ett till tre. Vecka fyra visade sekundäroxidationen det högsta värdet av samtliga prover.

Samtliga prover visade liknande resultat av sekundäroxidationsmätningarna som kan bero på att andra oxidationsprodukter än MDA har uppmätts under mätningarna. TBA-reagenser band troligtvis inte tillräcklig mängd MDA för att färga lagringsproverna och därmed ger mätningarna felaktiga resultat.

Vi gjorde även vattenaktivitetsmätning av proverna efter torkning, rostning och tillsättning av antioxidant samt fiskolja men innan lagringstestet påbörjades. Vattenaktivitetsmätningarna visade kraftigt varierande resultat vilket troligtvis skulle påverka lipidoxidationen Tabell 3. Detta kunde teoretiskt sett motverkas genom att kontrollera den relativa luftfuktigheten i exsickatorerna där proverna förvarades under lagringen med resultat att samtliga prover skulle hålla samma vattenaktivitet. För att bekräfta att teorin stämde att proverna hamnade på samma vattenaktivitet efter förvaring i exsickatorerna skulle vattenaktivitetsmätningar ha utförts vid varje TBARS- och PV-provtagningsstillfälle men detta utfördes ej på grund av tidsbrist. När exsickatorlocket lyfts så bryts den kontrollerade atmosfären med resultat att luftfuktigheten förändras och även temperaturen, vilket leder till att mätningar borde göras i samband med detta och inte vid ett senare tillfälle.

Resultatet av TBARS Figur 5 visar att den sekundära oxidationen är högst vecka ett och vecka fyra Figur 5. Att den sekundära oxidationen är högst vecka fyra står i linje med teorin om att den sekundära oxidationen ökar med tiden. Anledningen till att den sekundära oxidationen var hög vecka ett kan bero på att vi hade för höga koncentrationer av lösningen som ska reagera med TBA-reagenten. Våra prover visade en betydligt lägre sekundär lipidoxidation än vad vi hade förväntat oss. Istället för att ha en MDA-koncentration på $0\mu\text{M}$, $8\mu\text{M}$, $16\mu\text{M}$, $24\mu\text{M}$ och $32\mu\text{M}$ borde vi haft en lägre MDA-koncentration.

Mjölmaskproverna i TBARS mätningarna skulle visa en liknande färg som proverna för standardkurvan, då TBA-reagensen visar att det bundit till MDA-partiklarna. Eftersom våra provserier inte färgats av TBA-reagensen kan andra oxidationsprodukter ha mätts under spektrofotometrin. Vi kunde utesluta att felaktiga standardkurvor gav fel värden, genom att räkna om våra resultat från samtliga fyra veckor mot den standardkurva som visade ett R-värde närmast 1. Våra lagringsprover borde ha fått liknande färg som proverna för standardkurvan när TBA-reagensen tillsattes som indikation på att TBA-reagensen har bundit till MDA-molekylerna se bilaga (Bild 6). Genom att tillsätta mer TBA-reagens i våra lagringsprover kunde vi tvingat mer MDA att binda till reagensen, på så vis ge ett tydligare resultat. Eventuellt kan andra oxidationsprodukter än MDA ha uppmätts på grund av detta och därav ge felaktiga resultat för sekundäroxidationen. Låga svar från första veckans mätningar kan indikera på en

förskjuten primär lipidoxidation Figur 4. Mätmetoden som användes för den primära lipidoxideringsmätningen är en subjektiv mätmetod, där mänskliga faktorn kan vara en avgörande felkälla.

Slutsatsen kan dras att även om lipidoxidationen var mätbart liten så var härskningsdoften mycket stark. Vid tillsättning av fiskolja kunde mjölmaskpulvret nyttja antioxidanterna som fanns i fiskoljan. Vilket som syns i mätningarna av TF-proverna och kunde jämföras med TC-provernas liknande resultat. TN-proverna visade på högst lipidoxidation. Resultatet av våra mätningar kan ses som en indikation snarare än ett definitivt resultat.

6. Slutsats

Med resultat av våra mätningar kan slutsatsen dras att rostning är den effektivaste metoden för fördröjning av primärlipidoxidation. Sekundära oxidationsmätmetoden behövs modifieras. Rostad mjölmask uppvisade lägst eller mest fördröj lipidoxidation som kunde ses i TR och TRC-proverna.

7. Referenser

- Bente Lise Halvorsen, R. B. (2011). *Determination of lipid oxidation products in vegetable oils and marine omega-3 supplements*. Oslo: Food & Nutrition Research.
- Charles Odilichukwu R.Okpala, G. B. (2016). *Lipid oxidation kinetics of ozone-processed shrimp during iced storage using peroxide value measurements*. Elsevier.
- D.Dobermann. (2017). <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/full/10.1111/nbu.12291>. Nutrition Bulletin Volume 42, Issue 4.
- Dele Raheem, C. C. (2018). *Traditional consumption of and rearing edible insects in Africa, Asia and Europe*. Critical Reviews in Food Science and Nutrition.
- Dossey, A. T. (den 1 2 2013). Why Insects Should Be in Your Diet. *The Scientist*, s. 1.
- FAO. (2013). *Edible insects - Future prospects for food and feed security*. Rom: Food and Agriculture Organization of the United Nation.
- Florentina Glodde, M. G. (2018). *Effects of Natural Antioxidants on The Stability of Omega-3 Fatty Acids in Dog Food*. USA: Department of Animal Science, Food And Nutrition.
- Furugren, B. (2017). *Matkemi med kemiska grunder*. Lund: KFSAB.
- Guy Landau, V. K. (2013). *Detection of Oxidative Damage in Response to Protein Misfolding in the Endoplasmic Reticulum*. Massachusetts: ELSEVIER.
- John A.Buege, S. D. (1978). *Microsomal lipid peroxidation*. Elsevier. Hämtat från <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0076687978520326>
- M. Carmen Dobarganes, J. V. (2002). *Wiley*. Hämtat från Wiley: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/epdf/10.1002/1438-9312%28200207%29104%3A7%3C420%3A%3AAID-EJLT420%3E3.0.CO%3B2-N>
- Motarjemi, Y. (1988). *Doctoral Thesis: A study of some physical properties of water in foodstuff*. Lund.
- Nation, F. a. (2006). *Livestock's long shadow - Environmental issue and options*. FAO.
- Nejib Guizani, M. S.-R.-S. (2014). *Effects of brine concentration on lipid oxidation and fatty acids profile of hot smoked tuna (Thunnus albacares) stored at refrigerated temperature*. Oman: Journal of Food science and Technology.
- Pimentel, D. P. (2003). *Sustainability of meat-based and plant-based diets and the environment*. The American Journal of Clinical Nutrition, Volume 78, Issue 3.
- Sabine Sampels, M. A. (2010). *Berry Marinades Enhance Oxidative Stability of Herring Fillets*. Uppsala: Journal of Agricultural and Food Chemistry.
- Shahidi, F. &. (2010). *Lipid oxidation and improving the oxidative stability*. Newfoundland: Chemical Society reviews.
- Shahriar Saeidian, E. G. (2013). *Effect of temperature on guaiacol Peroxidase of Pyrus communis*. Iran: International Letters of Natural Sciences.

Stefan A. Jackowski, A. Z. (2015). *Oxidation levels of North American over-the-counter n-3 (omega-3) supplements and the influence of supplement formulation and delivery form on evaluating oxidative safety*. Saskatoon: Journal of Nutritional Science. Hämtat från <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC4678768/>

UN. (den 26 3 2019). Hämtat från United Nation: <https://www.un.org/development/desa/en/news/population/world-population-prospects-2017.html>

Xiaoqing Yang, R. A. (2016). *Sensory Evaluation of Oils/Fats and Oil/Fat-Based Foods*. AOCS Press.

Yu-Ho Jeon, Y.-J. S.-H.-Y.-J.-K. (2015). *Physicochemical Properties and Oxidative Stabilities of Mealworm (*Tenebrio molitor*) Oils Under Different Roasting Conditions*. Korea: KoSFoST.

C. Coudray, M. J. Richard, A. E. Favier (1995). *Determination of primary and secondary lipid peroxidation products: Plasma lipid hydroperoxides and thiobarbituric acid reactive substances*. Frankrike.

8. Bilagor

Tabell 6. Maskpulvrets vikt (gram) fördelat provvis.

1a	2a	3a	4a	5a	6a
1,94	1,95	1,94	1,98	1,97	1,95

Tabell 7. Aluminiumskålarnas vikt (gram) med glaskulor

1b	2b	3b	4b	5b	6b
44,21	42,68	44,33	43,62	43,46	44,17

Tabell 8. Aluminiumskålar vikt (gram) med glaskulor och fett.

1c	2c	3c	4c	5c	6c
44,97	43,43	45,08	44,37	44,23	44,93

Tabell 9. Slutlig fettvikt (gram).

1d	2d	3d	4d	5d	6d
0,75	0,745	0,75	0,75	0,77	0,76

Tabell 10. Resultat av fettmängdsbestämningen med en standardavvikelse på 0,01 och en fettprocent på cirka 38 %.

Provvikt (gram)	Medel av provvikt (gram)	Fett (gram)	Medel	±	Procent fett
1,95	1,96	0,74	0,75	0,01	38,50
1,95		0,74			
1,94		0,74			
1,98		0,75			
1,97		0,77			

Tabell 11. Uträkningen av vattenhalten i mjölmaskpulver.

Prov	Kvarvarande torr massa	Vattenhalt	±
1.1	$\frac{1,9216}{2,0212} = 0,9507 * 100 = 95,07 \%$	4,93 %	
2.1	$\frac{1,9038}{2,011} = 0,9466 * 100 = 94,66 \%$	5,34 %	
3.1	$\frac{1,9698}{2,0631} = 0,9547 * 100 = 95,47 \%$	4,53 %	0,40
	Medelvärde: 95,06 %	Medelvärde: 4,93 %	

Tabell 12. Vattenhalt i gram som torkats bort från cirka två gram prov.

Prov	Aluminiumskål vikt (gram)	Vikt på prov före torkning (gram)	Vikt på skål + prov före torkning (gram)	Vikt på skål + prov efter torkning (gram)
1.1	26,47	2,02	28,49	28,39
2.1	41,01	2,00	43,01	42,92
3.1	27,90	2,06	29,96	29,87
			28,48 – 28,39 = 0,10	
			43,01 – 42,92 = 0,10	
			29,95 – 29,87 = 0,09	

Tabell 13. Vikt på prov före torkning minus förlorad vattenvikt

Prov	Vikt på prov före torkning(gram)	Vikt på vatten som torkats bort (gram)	Vikt på kvarvarande torkad produkt (gram)
1.1	2,02	– 0,10	= 1,92
2.1	2,00	– 0,10	= 1,90
3.1	2,06	– 0,09	= 1,97

Tabell 14. Uppmätt vattenaktivitet av mjölmaskprov

	1	2	3	Medel	Procent	±
Blank	0,99	0,98	0,98	0,98	98,10	0,01
TN	0,52	0,22	0,23	0,33	32,53	0,17
TR	0,20	0,34	0,18	0,24	23,87	0,09
TF	0,30	0,32	0,35	0,32	33,40	0,02
TRC	0,13	0,11	0,10	0,11	10,97	0,02
TC	0,22	0,29	0,35	0,31	30,70	0,04

Tabell 15. Proteinanalys och uträkning

Prov	Kvävehalt som multipliceras med 6,25 för att få proteinmängd	Proteinmängd i torkat prov %	±
Mjölmask	7,6	47,6	
Mjölmask	7,6	47,6	
Mjölmask	7,8	48,7	0,6



Bild 1. Totalvikt mjölmask innan torkning



Bild 2. Citronsyramarinering av mjölmask innan torkning och rostning.



Bild 3. 120 markerade petriskålar för lagring inför TBARS och PV.



Bild 4. Lagring av prover i exsickator med saltlösning, RH och temperaturlogg.



Bild 5. Filtrering av proverna inför TBARS.



Bild 6. Lagringsprover (gula) och prover för standardkurva (rosa) för mätning av sekundäroxidation.

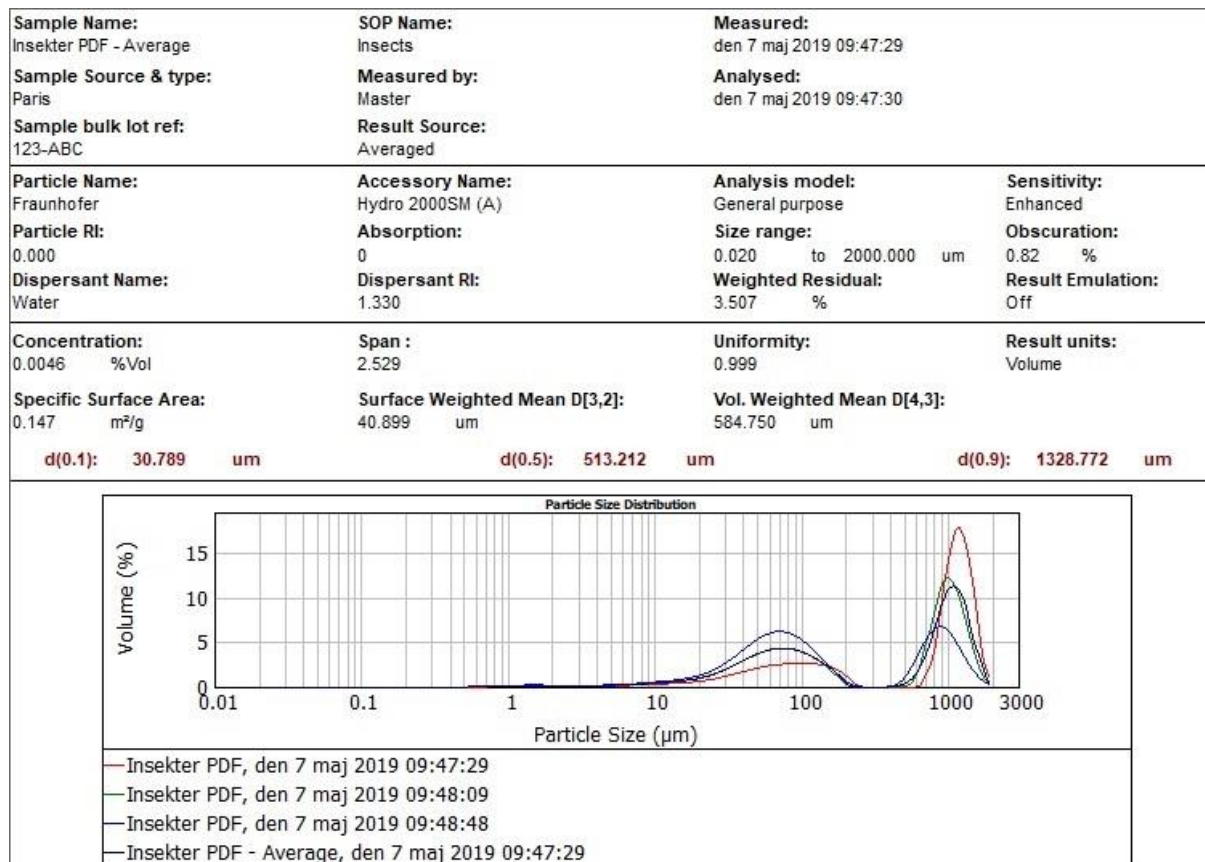


Bild 7. Resultat från partikelstorleksmätning

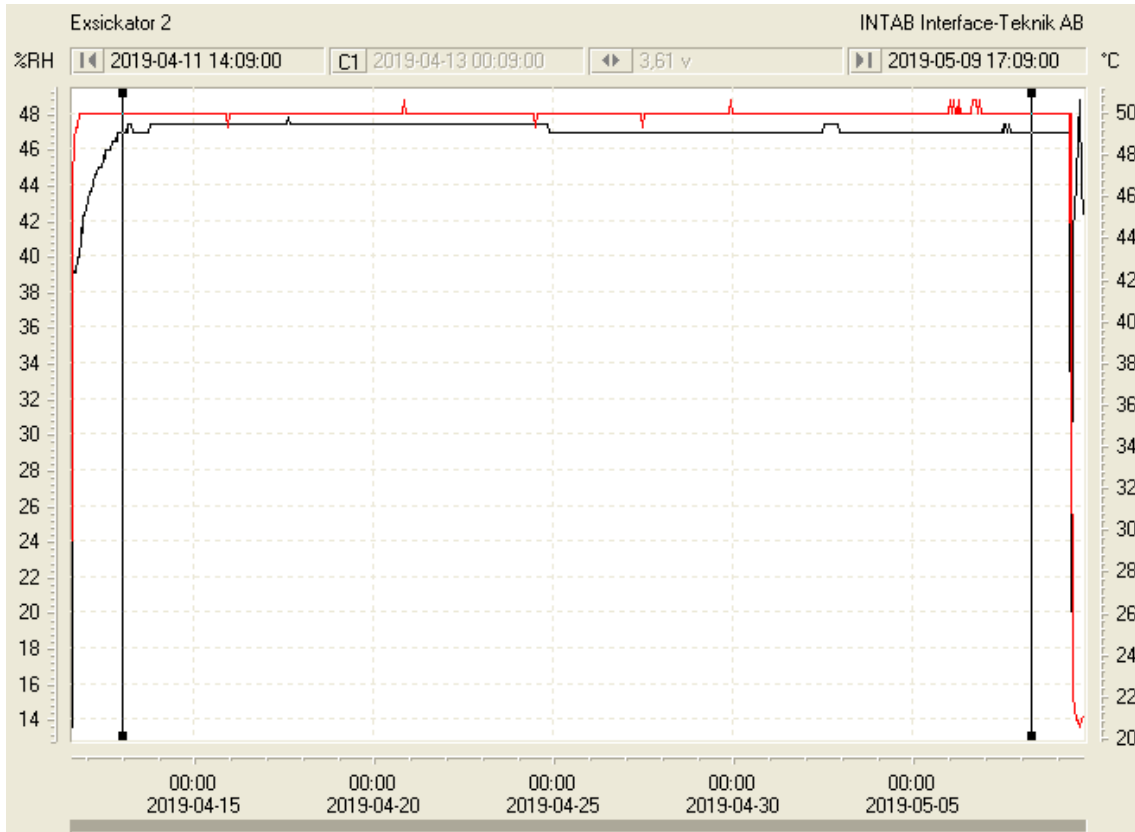
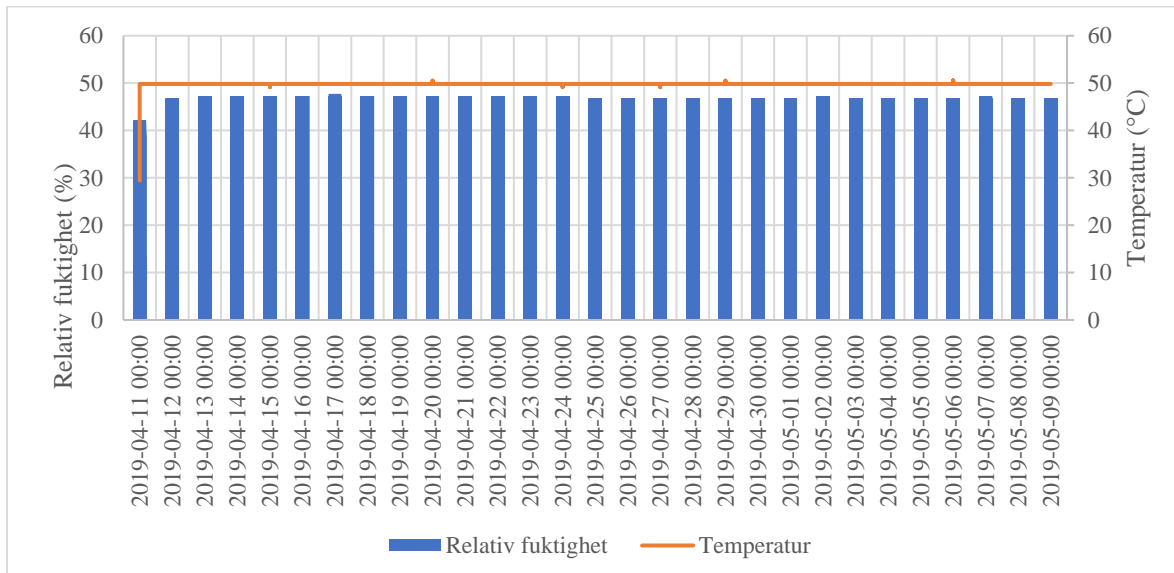


Bild 8. Relativ luftfuktighet och temperatur i exsickatorerna under fyra veckor.

Tabell 16. Relativ luftfuktighet och temperatur i exsickator under fyra veckor.



Tabell 17. TBARS vecka 1. (TN) Torkat naturellt prov, (TF) Torkat prov med fiskolja, (TR) Torkat och rostat prov, (TC) Torkat prov med citronsyra. (TRC) Torkat och rostat prov med citronsyra. Medelvärden visar medelvärdet av resultatet från TBARS-uträkningarna. K-värdet anger lutningen på standardkurvan. M-värde anger skärningspunkt för X-Y-axeln.

Read	Abs(534)	534 blank	534-blank	Abs(600)	600 blank	600- blank	534- 600	K - värde	M - värde	gram	TBARS	Medelvärde	STAV.S
TN 1	0,194	0,132	0,062	0,147	0,124	0,023	0,039	0,056	0,002	2	0,331		
TN 1	0,194	0,132	0,063	0,147	0,124	0,023	0,039	0,056	0,002	2	0,330		
TN 1	0,195	0,132	0,063	0,148	0,124	0,024	0,039	0,056	0,002	2	0,331		
TN 2	0,199	0,132	0,067	0,149	0,124	0,025	0,042	0,056	0,002	2	0,356		
TN 2	0,200	0,132	0,068	0,150	0,124	0,026	0,042	0,056	0,002	2	0,358		
TN 2	0,199	0,132	0,067	0,149	0,124	0,025	0,042	0,056	0,002	2	0,355		
TN 3	0,202	0,132	0,070	0,148	0,124	0,024	0,046	0,056	0,002	2	0,387		
TN 3	0,201	0,132	0,070	0,148	0,124	0,024	0,046	0,056	0,002	2	0,386		
TN 3	0,201	0,132	0,070	0,148	0,124	0,024	0,046	0,056	0,002	2	0,386	0,358	0,024
TF 1	0,201	0,132	0,069	0,148	0,124	0,024	0,045	0,056	0,002	2	0,385		
TF 1	0,201	0,132	0,070	0,148	0,124	0,024	0,045	0,056	0,002	2	0,385		
TF 1	0,201	0,132	0,070	0,148	0,124	0,024	0,045	0,056	0,002	2	0,384		
TF 2	0,194	0,132	0,062	0,145	0,124	0,021	0,041	0,056	0,002	2	0,349		
TF 2	0,195	0,132	0,063	0,145	0,124	0,022	0,041	0,056	0,002	2	0,349		
TF 2	0,195	0,132	0,063	0,145	0,124	0,022	0,041	0,056	0,002	2	0,349		
TF 3	0,198	0,132	0,066	0,147	0,124	0,023	0,044	0,056	0,002	2	0,369		
TF 3	0,198	0,132	0,066	0,147	0,124	0,023	0,043	0,056	0,002	2	0,365		
TF 3	0,198	0,132	0,067	0,147	0,124	0,023	0,044	0,056	0,002	2	0,369	0,367	0,015
TR 1	0,192	0,132	0,060	0,141	0,124	0,018	0,043	0,056	0,002	2	0,360		
TR 1	0,190	0,132	0,058	0,140	0,124	0,016	0,042	0,056	0,002	2	0,353		
TR 1	0,192	0,132	0,060	0,142	0,124	0,018	0,042	0,056	0,002	2	0,355		
TR 2	0,201	0,132	0,069	0,152	0,124	0,028	0,041	0,056	0,002	2	0,341		
TR 2	0,201	0,132	0,069	0,153	0,124	0,029	0,040	0,056	0,002	2	0,337		
TR 2	0,202	0,132	0,070	0,154	0,124	0,030	0,041	0,056	0,002	2	0,342		
TR 3	0,185	0,132	0,053	0,139	0,124	0,016	0,038	0,056	0,002	2	0,317		

<i>TR 3</i>	0,186	0,132	0,054	0,140	0,124	0,016	0,038	0,056	0,002	2	0,316		
<i>TR 3</i>	0,185	0,132	0,054	0,139	0,124	0,016	0,038	0,056	0,002	2	0,320	0,338	0,017
<i>TC 1</i>	0,194	0,132	0,063	0,147	0,124	0,023	0,040	0,056	0,002	2	0,333		
<i>TC 1</i>	0,195	0,132	0,063	0,147	0,124	0,023	0,040	0,056	0,002	2	0,335		
<i>TC 1</i>	0,194	0,132	0,062	0,146	0,124	0,022	0,040	0,056	0,002	2	0,333		
<i>TC 2</i>	0,189	0,132	0,057	0,142	0,124	0,018	0,039	0,056	0,002	2	0,327		
<i>TC 2</i>	0,189	0,132	0,058	0,143	0,124	0,019	0,039	0,056	0,002	2	0,325		
<i>TC 2</i>	0,189	0,132	0,058	0,143	0,124	0,019	0,039	0,056	0,002	2	0,326		
<i>TC 3</i>	0,193	0,132	0,061	0,145	0,124	0,021	0,040	0,056	0,002	2	0,333		
<i>TC 3</i>	0,198	0,132	0,066	0,150	0,124	0,026	0,041	0,056	0,002	2	0,342		
<i>TC 3</i>	0,197	0,132	0,065	0,149	0,124	0,025	0,040	0,056	0,002	2	0,340	0,333	0,006
<i>TRC1</i>	0,177	0,132	0,045	0,126	0,124	0,002	0,043	0,056	0,002	2	0,360		
<i>TRC1</i>	0,195	0,132	0,063	0,145	0,124	0,021	0,042	0,056	0,002	2	0,357		
<i>TRC1</i>	0,196	0,132	0,064	0,145	0,124	0,021	0,043	0,056	0,002	2	0,363		
<i>TRC2</i>	0,192	0,132	0,060	0,141	0,124	0,018	0,042	0,056	0,002	2	0,356		
<i>TRC2</i>	0,191	0,132	0,059	0,141	0,124	0,017	0,042	0,056	0,002	2	0,352		
<i>TRC2</i>	0,192	0,132	0,060	0,142	0,124	0,018	0,042	0,056	0,002	2	0,356		
<i>TRC3</i>	0,193	0,132	0,061	0,142	0,124	0,018	0,044	0,056	0,002	2	0,369		
<i>TRC3</i>	0,171	0,132	0,039	0,121	0,124	-0,003	0,042	0,056	0,002	2	0,350		
<i>TRC3</i>	0,170	0,132	0,039	0,121	0,124	-0,003	0,041	0,056	0,002	2	0,348	0,357	0,006

Tabell 18. TBARS vecka 2. (TN) Torkat naturligt prov, (TF) Torkat prov med fiskolja, (TR) Torkat och rostat prov, (TC) Torkat prov med citronsyra. (TRC) Torkat och rostat prov med citronsyra. Medelvärdet visar medelvärdet av resultatet från TBARS-uträkningarna. K-värdet anger lutningen på standardkurvan. M-värde anger skärningspunkt för X-Y-axeln.

Read	Abs(534)	534 blank	534- blank	Abs(600)	600 blank	600- blank	534- 600	k	m	gram	TBARS	Medelvärde	STAV.S
TN 1	0,195	0,119	0,077	0,125	0,107	0,018	0,058	0,067	0,019	2	0,297		
TN 1	0,187	0,119	0,068	0,125	0,107	0,018	0,050	0,067	0,019	2	0,232		
TN 1	0,193	0,119	0,075	0,125	0,107	0,019	0,056	0,067	0,019	2	0,281		
TN 2	0,195	0,119	0,077	0,129	0,107	0,022	0,055	0,067	0,019	2	0,270		
TN 2	0,192	0,119	0,073	0,129	0,107	0,022	0,052	0,067	0,019	2	0,247		
TN 2	0,191	0,119	0,072	0,129	0,107	0,022	0,051	0,067	0,019	2	0,239		
TN 3	0,184	0,119	0,065	0,127	0,107	0,020	0,045	0,067	0,019	2	0,200		
TN 3	0,184	0,119	0,065	0,127	0,107	0,020	0,045	0,067	0,019	2	0,198		
TN 3	0,184	0,119	0,065	0,127	0,107	0,020	0,045	0,067	0,019	2	0,199	0,240	0,037
TF 1	0,207	0,119	0,088	0,136	0,107	0,029	0,059	0,067	0,019	2	0,303		
TF 1	0,206	0,119	0,088	0,136	0,107	0,029	0,059	0,067	0,019	2	0,302		
TF 1	0,207	0,119	0,088	0,136	0,107	0,029	0,059	0,067	0,019	2	0,305		
TF 2	0,186	0,119	0,067	0,127	0,107	0,020	0,047	0,067	0,019	2	0,209		
TF 2	0,183	0,119	0,065	0,127	0,107	0,020	0,044	0,067	0,019	2	0,192		
TF 2	0,183	0,119	0,064	0,127	0,107	0,020	0,044	0,067	0,019	2	0,191		
TF 3	0,213	0,119	0,095	0,129	0,107	0,022	0,073	0,067	0,019	2	0,406		
TF 3	0,215	0,119	0,096	0,130	0,107	0,023	0,073	0,067	0,019	2	0,405		
TF 3	0,214	0,119	0,095	0,129	0,107	0,022	0,074	0,067	0,019	2	0,410	0,303	0,091
TR 1	0,183	0,119	0,065	0,124	0,107	0,017	0,048	0,067	0,019	2	0,218		
TR 1	0,183	0,119	0,064	0,124	0,107	0,017	0,048	0,067	0,019	2	0,216		
TR 1	0,185	0,119	0,066	0,126	0,107	0,019	0,047	0,067	0,019	2	0,215		
TR 2	0,173	0,119	0,055	0,121	0,107	0,014	0,041	0,067	0,019	2	0,166		
TR 2	0,173	0,119	0,055	0,121	0,107	0,014	0,041	0,067	0,019	2	0,168		
TR 2	0,173	0,119	0,054	0,120	0,107	0,014	0,041	0,067	0,019	2	0,167		
TR 3	0,178	0,119	0,060	0,123	0,107	0,016	0,044	0,067	0,019	2	0,189		

<i>TR 3</i>	0,179	0,119	0,060	0,121	0,107	0,014	0,046	0,067	0,019	2	0,203		
<i>TR 3</i>	0,184	0,119	0,065	0,122	0,107	0,015	0,050	0,067	0,019	2	0,234	0,197	0,025
<i>TC 1</i>	0,180	0,119	0,061	0,125	0,107	0,018	0,043	0,067	0,019	2	0,180		
<i>TC 1</i>	0,179	0,119	0,061	0,125	0,107	0,018	0,043	0,067	0,019	2	0,183		
<i>TC 1</i>	0,181	0,119	0,062	0,126	0,107	0,019	0,043	0,067	0,019	2	0,184		
<i>TC 2</i>	0,180	0,119	0,061	0,124	0,107	0,017	0,044	0,067	0,019	2	0,189		
<i>TC 2</i>	0,180	0,119	0,061	0,124	0,107	0,017	0,044	0,067	0,019	2	0,189		
<i>TC 2</i>	0,180	0,119	0,061	0,124	0,107	0,017	0,044	0,067	0,019	2	0,191		
<i>TC 3</i>	0,184	0,119	0,066	0,125	0,107	0,019	0,047	0,067	0,019	2	0,212		
<i>TC 3</i>	0,185	0,119	0,066	0,126	0,107	0,019	0,047	0,067	0,019	2	0,213		
<i>TC 3</i>	0,185	0,119	0,066	0,126	0,107	0,019	0,047	0,067	0,019	2	0,214	0,195	0,014
<i>TRC 1</i>	0,215	0,119	0,096	0,164	0,107	0,057	0,039	0,067	0,019	2	0,154		
<i>TRC 1</i>	0,172	0,119	0,053	0,120	0,107	0,013	0,040	0,067	0,019	2	0,162		
<i>TRC 1</i>	0,172	0,119	0,053	0,120	0,107	0,013	0,040	0,067	0,019	2	0,162		
<i>TRC 2</i>	0,173	0,119	0,054	0,119	0,107	0,012	0,042	0,067	0,019	2	0,172		
<i>TRC 2</i>	0,173	0,119	0,054	0,119	0,107	0,012	0,042	0,067	0,019	2	0,175		
<i>TRC 2</i>	0,172	0,119	0,054	0,119	0,107	0,012	0,042	0,067	0,019	2	0,174		
<i>TRC 3</i>	0,177	0,119	0,058	0,120	0,107	0,013	0,044	0,067	0,019	2	0,193		
<i>TRC 3</i>	0,176	0,119	0,057	0,120	0,107	0,013	0,044	0,067	0,019	2	0,192		
<i>TRC 3</i>	0,176	0,119	0,057	0,120	0,107	0,013	0,044	0,067	0,019	2	0,192	0,175	0,014

Tabell 19. TBARS vecka 3. (TN) Torkat naturellt prov, (TF) Torkat prov med fiskolja, (TR) Torkat och rostat prov, (TC) Torkat prov med citronsyra. (TRC) Torkat och rostat prov med citronsyra.. Medelvärden visar medelvärdet av resultatet från TBARS-uträkningarna. K-värdet anger lutningen på standardkurvan. M-värde anger skärningspunkt för X-Y-axeln.

Read	Abs(534)	534 blank	534- blank	Abs(600)	600 blank	600- blank	534-600	k	m	gram	TBARS	Medelvärde	STAV.S
TN 1	0,134	0,099	0,036	0,079	0,071	0,01	0,03	0,037	0,010	2	0,245		
TN 1	0,134	0,099	0,035	0,078	0,071	0,01	0,03	0,037	0,010	2	0,244		
TN 1	0,135	0,099	0,037	0,078	0,071	0,01	0,03	0,037	0,010	2	0,263		
TN 2	0,136	0,099	0,037	0,081	0,071	0,01	0,03	0,037	0,010	2	0,233		
TN 2	0,186	0,099	0,088	0,133	0,071	0,06	0,03	0,037	0,010	2	0,217		
TN 2	0,134	0,099	0,036	0,080	0,071	0,01	0,03	0,037	0,010	2	0,222		
TN 3	0,128	0,099	0,030	0,078	0,071	0,01	0,02	0,037	0,010	2	0,175		
TN 3	0,128	0,099	0,030	0,078	0,071	0,01	0,02	0,037	0,010	2	0,177		
TN 3	0,128	0,099	0,030	0,077	0,071	0,01	0,02	0,037	0,010	2	0,180	0,2173	0,033
TF 1	0,133	0,099	0,034	0,079	0,071	0,01	0,03	0,037	0,010	2	0,219		
TF 1	0,132	0,099	0,034	0,079	0,071	0,01	0,03	0,037	0,010	2	0,219		
TF 1	0,133	0,099	0,035	0,079	0,071	0,01	0,03	0,037	0,010	2	0,230		
TF 2	0,133	0,099	0,034	0,077	0,071	0,01	0,03	0,037	0,010	2	0,244		
TF 2	0,133	0,099	0,034	0,078	0,071	0,01	0,03	0,037	0,010	2	0,245		
TF 2	0,141	0,099	0,042	0,085	0,071	0,01	0,03	0,037	0,010	2	0,246		
TF 3	0,132	0,099	0,034	0,081	0,071	0,01	0,02	0,037	0,010	2	0,192		
TF 3	0,132	0,099	0,033	0,080	0,071	0,01	0,02	0,037	0,010	2	0,198		
TF 3	0,132	0,099	0,033	0,080	0,071	0,01	0,02	0,037	0,010	2	0,196	0,2212	0,022
TR 1	0,123	0,099	0,024	0,073	0,071	0,00	0,02	0,037	0,010	2	0,168		
TR 1	0,123	0,099	0,025	0,073	0,071	0,00	0,02	0,037	0,010	2	0,171		
TR 1	0,125	0,099	0,027	0,074	0,071	0,00	0,02	0,037	0,010	2	0,183		
TR 2	0,126	0,099	0,027	0,074	0,071	0,00	0,02	0,037	0,010	2	0,192		
TR 2	0,126	0,099	0,027	0,074	0,071	0,00	0,02	0,037	0,010	2	0,195		
TR 2	0,126	0,099	0,028	0,074	0,071	0,00	0,02	0,037	0,010	2	0,196		
TR 3	0,120	0,099	0,021	0,073	0,071	0,00	0,02	0,037	0,010	2	0,130		

<i>TR 3</i>	0,119	0,099	0,021	0,072	0,071	0,00	0,02	0,037	0,010	2	0,130		
<i>TR 3</i>	0,120	0,099	0,021	0,072	0,071	0,00	0,02	0,037	0,010	2	0,138	0,1671	0,028
<i>TC 1</i>	0,131	0,099	0,032	0,080	0,071	0,01	0,02	0,037	0,010	2	0,184		
<i>TC 1</i>	0,130	0,099	0,032	0,079	0,071	0,01	0,02	0,037	0,010	2	0,188		
<i>TC 1</i>	0,132	0,099	0,033	0,079	0,071	0,01	0,02	0,037	0,010	2	0,205		
<i>TC 2</i>	0,131	0,099	0,033	0,079	0,071	0,01	0,02	0,037	0,010	2	0,202		
<i>TC 2</i>	0,132	0,099	0,033	0,079	0,071	0,01	0,02	0,037	0,010	2	0,205		
<i>TC 2</i>	0,131	0,099	0,033	0,078	0,071	0,01	0,03	0,037	0,010	2	0,211		
<i>TC 3</i>	0,130	0,099	0,031	0,080	0,071	0,01	0,02	0,037	0,010	2	0,171		
<i>TC 3</i>	0,129	0,099	0,031	0,080	0,071	0,01	0,02	0,037	0,010	2	0,168		
<i>TC 3</i>	0,130	0,099	0,032	0,079	0,071	0,01	0,02	0,037	0,010	2	0,188	0,1913	0,015
<i>TRC1</i>	0,125	0,099	0,027	0,073	0,071	0,00	0,02	0,037	0,010	2	0,198		
<i>TRC1</i>	0,126	0,099	0,027	0,074	0,071	0,00	0,02	0,037	0,010	2	0,199		
<i>TRC1</i>	0,127	0,099	0,029	0,074	0,071	0,00	0,03	0,037	0,010	2	0,217		
<i>TRC2</i>	0,123	0,099	0,025	0,072	0,071	0,00	0,02	0,037	0,010	2	0,183		
<i>TRC2</i>	0,124	0,099	0,025	0,075	0,071	0,00	0,02	0,037	0,010	2	0,159		
<i>TRC2</i>	0,124	0,099	0,026	0,073	0,071	0,00	0,02	0,037	0,010	2	0,196		
<i>TRC3</i>	0,127	0,099	0,028	0,075	0,071	0,00	0,02	0,037	0,010	2	0,198		
<i>TRC3</i>	0,128	0,099	0,029	0,076	0,071	0,00	0,02	0,037	0,010	2	0,198		
<i>TRC3</i>	0,128	0,099	0,029	0,075	0,071	0,00	0,03	0,037	0,010	2	0,214	0,1956	0,017

Tabell 20. TBARS vecka 4. (TN) Torkat naturellt prov, (TF) Torkat prov med fiskolja, (TR) Torkat och rostat prov, (TC) Torkat prov med citronsyra. (TRC) Torkat och rostat prov med citronsyra. Medelvärde visar medelvärdet av resultatet från TBARS-uträkningarna. K-värdet anger lutningen på standardkurvan. M-värde anger skärningspunkt för X-Y-axeln.

Read	Abs(534)	534 blank	534-blank	Abs(600)	600 blank	600-blank	534-600	k	m	gra m	TBARS	Medelvärde	STAV.S
TN 1	0,105	0,030	0,075	0,054	0,032	0,022	0,053	0,056	0,001	2	0,461		
TN 1	0,104	0,030	0,074	0,054	0,032	0,022	0,052	0,056	0,001	2	0,451		
TN 1	0,104	0,030	0,074	0,054	0,032	0,022	0,052	0,056	0,001	2	0,448		
TN 2	0,101	0,030	0,071	0,053	0,032	0,021	0,050	0,056	0,001	2	0,434		
TN 2	0,101	0,030	0,071	0,053	0,032	0,021	0,050	0,056	0,001	2	0,428		
TN 2	0,101	0,030	0,071	0,053	0,032	0,021	0,050	0,056	0,001	2	0,432		
TN 3	0,101	0,030	0,071	0,053	0,032	0,021	0,050	0,056	0,001	2	0,435		
TN 3	0,102	0,030	0,072	0,054	0,032	0,022	0,050	0,056	0,001	2	0,435		
TN 3	0,105	0,030	0,075	0,057	0,032	0,025	0,050	0,056	0,001	2	0,431	0,439	0,011
TF 1	0,101	0,030	0,071	0,052	0,032	0,020	0,051	0,056	0,001	2	0,441		
TF 1	0,101	0,030	0,071	0,053	0,032	0,021	0,051	0,056	0,001	2	0,440		
TF 1	0,101	0,030	0,071	0,052	0,032	0,020	0,051	0,056	0,001	2	0,441		
TF 2	0,104	0,030	0,074	0,053	0,032	0,021	0,053	0,056	0,001	2	0,456		
TF 2	0,104	0,030	0,074	0,053	0,032	0,021	0,053	0,056	0,001	2	0,458		
TF 2	0,105	0,030	0,075	0,055	0,032	0,023	0,053	0,056	0,001	2	0,455		
TF 3	0,103	0,030	0,074	0,053	0,032	0,021	0,052	0,056	0,001	2	0,452		
TF 3	0,103	0,030	0,073	0,054	0,032	0,022	0,051	0,056	0,001	2	0,441		
TF 3	0,103	0,030	0,073	0,053	0,032	0,021	0,052	0,056	0,001	2	0,451	0,448	0,008
TR 1	0,097	0,030	0,067	0,050	0,032	0,018	0,049	0,056	0,001	2	0,422		
TR 1	0,099	0,030	0,069	0,054	0,032	0,022	0,047	0,056	0,001	2	0,407		
TR 1	0,098	0,030	0,068	0,051	0,032	0,019	0,049	0,056	0,001	2	0,424		
TR 2	0,096	0,030	0,066	0,050	0,032	0,018	0,048	0,056	0,001	2	0,419		
TR 2	0,098	0,030	0,068	0,050	0,032	0,018	0,050	0,056	0,001	2	0,431		
TR 2	0,096	0,030	0,066	0,050	0,032	0,018	0,048	0,056	0,001	2	0,419		
TR 3	0,098	0,030	0,068	0,050	0,032	0,018	0,050	0,056	0,001	2	0,431		

<i>TR 3</i>	0,098	0,030	0,068	0,050	0,032	0,018	0,050	0,056	0,001	2	0,432		
<i>TR 3</i>	0,098	0,030	0,069	0,051	0,032	0,019	0,050	0,056	0,001	2	0,433	0,424	0,009
<i>TC 1</i>	0,103	0,030	0,073	0,053	0,032	0,021	0,052	0,056	0,001	2	0,447		
<i>TC 1</i>	0,103	0,030	0,073	0,054	0,032	0,022	0,052	0,056	0,001	2	0,447		
<i>TC 1</i>	0,103	0,030	0,073	0,053	0,032	0,021	0,052	0,056	0,001	2	0,449		
<i>TC 2</i>	0,101	0,030	0,071	0,055	0,032	0,023	0,048	0,056	0,001	2	0,412		
<i>TC 2</i>	0,102	0,030	0,072	0,056	0,032	0,024	0,048	0,056	0,001	2	0,415		
<i>TC 2</i>	0,100	0,030	0,071	0,053	0,032	0,021	0,049	0,056	0,001	2	0,428		
<i>TC 3</i>	0,101	0,030	0,071	0,054	0,032	0,022	0,049	0,056	0,001	2	0,424		
<i>TC 3</i>	0,100	0,030	0,070	0,054	0,032	0,022	0,048	0,056	0,001	2	0,417		
<i>TC 3</i>	0,099	0,030	0,069	0,053	0,032	0,021	0,049	0,056	0,001	2	0,420	0,429	0,015
<i>TRC1</i>	0,111	0,030	0,081	0,051	0,032	0,019	0,063	0,056	0,001	2	0,546		
<i>TRC1</i>	0,111	0,030	0,081	0,050	0,032	0,018	0,063	0,056	0,001	2	0,548		
<i>TRC1</i>	0,111	0,030	0,081	0,050	0,032	0,018	0,063	0,056	0,001	2	0,548		
<i>TRC2</i>	0,101	0,030	0,072	0,051	0,032	0,019	0,052	0,056	0,001	2	0,453		
<i>TRC2</i>	0,098	0,030	0,069	0,053	0,032	0,021	0,048	0,056	0,001	2	0,412		
<i>TRC2</i>	0,098	0,030	0,068	0,050	0,032	0,018	0,050	0,056	0,001	2	0,434		
<i>TRC3</i>	0,102	0,030	0,072	0,051	0,032	0,019	0,053	0,056	0,001	2	0,460		
<i>TRC3</i>	0,099	0,030	0,069	0,051	0,032	0,019	0,050	0,056	0,001	2	0,436		
<i>TRC3</i>	0,098	0,030	0,069	0,051	0,032	0,019	0,050	0,056	0,001	2	0,430	0,474	0,057

Tabell 21. PV-test vecka 1. (TN) Torkat naturellt prov, (TF) Torkat prov med fiskolja, (TR) Torkat och rostat prov, (TC) Torkat prov med citronsyra. (TRC) Torkat och rostat prov med citronsyra.

Prov Vecka 1	Mängd Natriumtiosulfat mL (cm ³)	Medelvärde (mL)	Summa efter uträkning
Blank	0,30		
Blank	0,20	0,30	
Blank	0,40		
TR-C	0,00		
TR-B	0,00	0,0	0,00
TR-A	0,00		
TRC-C	0,00		
TRC-B	0,00	0,0	0,00
TRC-A	0,00		
TN-C	0,00		
TN-B	0,00	0,40	0,50
TN-A	0,40		
TF-C	0,40		
TF-B	0,20	0,30	0,00
TF-A	0,30		
TC-C	0,30		
TC-B	0,40	0,30	0,00
TC-A	0,20		

Tabell 22. PV-test vecka 2. (TN) Torkat naturellt prov, (TF) Torkat prov med fiskolja, (TR) Torkat och rostat prov, (TC) Torkat prov med citronsyra. (TRC) Torkat och rostat prov med citronsyra.

Prov Vecka 2	Mängd Natriumtiosulfat mL (cm ³)	Medelvärde (mL)	Summa efter uträkning
Blank	0,30		
Blank	0,20	0,30	
Blank	0,40		
TN-C	0,30		
TN-B	0,00	0,35	0,25
TN-A	0,40		
TRC-C	0,00		
TRC-B	0,00	0,00	0,00
TRC-A	0,00		
TF-C	0,60		
TF-B	0,40	0,43	0,75
TF-A	0,30		
TR-C	0,40		
TR-B	0,30	0,35	0,25
TR-A	0,00		
TC-C	0,20		
TC-B	0,20	0,20	-0,50
TC-A	0,20		

Tabell 23. PV-test vecka 3. (TN) Torkat naturligt prov, (TF) Torkat prov med fiskolja, (TR) Torkat och rostat prov, (TC) Torkat prov med citronsyra. (TRC) Torkat och rostat prov med citronsyra.

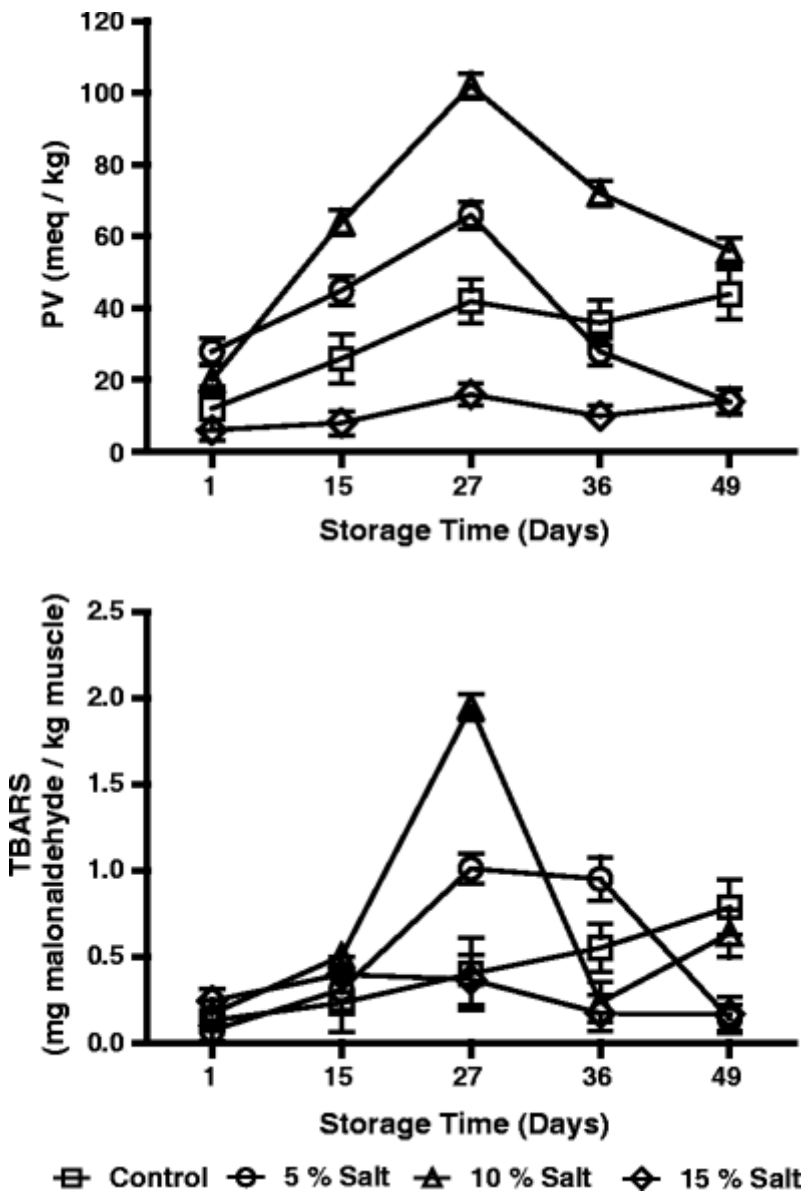
Prov Vecka 3	Mängd Natriumtiosulfat mL (cm ³)	Medelvärde (mL)	Summa efter uträkning
Blank	0,30		
Blank	0,30	0,30	
Blank	0,30		
TR-C	0,00		
TR-B	0,00	0,00	0,00
TR-A	0,00		
TRC-B	0,00		
TRC-C	0,00	0,00	0,00
TRC-A	0,00		
TN-C	0,30		
TN-B	0,50	0,36	0,30
TN-A	0,30		
TF-C	0,40		
TF-B	0,50	0,43	0,65
TF-A	0,40		
TC-C	0,50		
TC-B	0,40	0,40	0,50
TC-A	0,30		

Tabell 24. PV-test vecka 4. (TN) Torkat naturligt prov, (TF) Torkat prov med fiskolja, (TR) Torkat och rostat prov, (TC) Torkat prov med citronsyra. (TRC) Torkat och rostat prov med citronsyra.

Prov Vecka 4	Mängd Natriumtiosulfat mL (cm ³)	Medelvärde (mL)	Summa efter uträkning
Blank	0,40		
Blank	0,20	0,30	
Blank	0,40		
TN-C	0,20		
TN-B	0,60	0,30	0,00
TN-A	0,20		
TRC-C	0,00		
TRC-B	0,00	0,00	0,00
TRC-A	0,00		
TF-C	0,20		
TF-B	0,30	0,27	-0,15
TF-A	0,30		
TR-C	0,40		
TR-B	0,10	0,20	-1,30
TR-A	0,10		
TC-C	0,10		
TC-B	0,30	0,27	-1,23
TC-A	0,40		

Tabell 25. Peroxidas Värde - T-Test 1. Resultat från TN-prov mot resterande prover. I ett tvåsidigt typ-3 t.test visar värdena under 0,05 signifikanta skillnader mellan behandlade prover mot naturellt prov. (TN) Torkat naturellt prov, (TF) Torkat prov med fiskolja, (TR) Torkat och rostet prov, (TC) Torkat prov med citronsyra. (TRC) Torkat och rostet prov med citronsyra.

TN	0,13	0,23	0,37	0,33
TF	0,34	0,26	0,44	0,67
TR	0,42	0,26	0,03	0,67
TC	0,34	0,79	0,73	0,70
TRC	0,42	0,19	0,03	0,13



Figur 6. Oxideringsstadiet med två olika mätningmetoder för primär och sekundär lipidoxidation. (Nejib Guizani et al., 2014)